Die Wirkung von Arsenpräparaten auf die wichtigsten Forstschädlinge.

Inaugural-Dissertation

zur

Erlangung der Doktorwürde

der

Hohen Staatswirtschaftlichen Fakultät

der

Universität München

eingereicht von

Leonid Kalandadze, Diplomlandwirt.

Druck von Hermann Beyer & Söhne (Beyer & Mann) in Langensalza.

1925

Angenommen von der Staatswirtschaftlichen Fakultät.

Referent: Geheimer Regierungsrat Professor Dr. K. Escherich.

R. UNIV.
BIBLIOTHEEK
LEIDEN

Einleitung.

Mit der Frage über die Wirkung von verschiedenen Arsenpräparaten auf die Forstschädlinge hat man sich bis jetzt wenig beschäftigt. Diese Lücke erklärt sich ohne weiteres daraus, daß die Arsenbekämpfung gegen Forstschädlinge bis jetzt kaum in Gebrauch war. Seit der Verwendung des Flugzeuges in der Schädlingsbekämpfung kommt der Frage eine besondere Bedeutung zu. Im Interesse einer möglichst rationellen praktischen Bekämpfung und zur Vermeidung überflüssiger Ausgaben ist es unbedingt erforderlich durch experimentelle Versuche diese Lücke auszufüllen.

Welche Bedeutung das Studium dieser Frage hat, in welcher Richtung sich die Versuche und Beobachtungen zu bewegen haben und welche Einzelprobleme man dabei besonders beachten muß, ist von Escherich[1]) klar umrissen: „Diese Unterlassung ist jetzt schleunigst nachzuholen, d. h. es sind exakte Fütterungsversuche in großer Zahl anzustellen mit den verschiedenen Arsenpräparaten (die heute in Deutschland hergestellt werden) und in verschiedenen Konzentrationen. Es müssen die Raupen aller forstlichen Großschädlinge auf die Arsenwirkung hin studiert werden, vor allem auch daraufhin, wie sich die verschiedenen Stadien der Raupen gegen das Gift verhalten. Es wird sich wohl herausstellen, daß nicht nur bei den verschiedenen Arten, sondern auch bei den verschiedenen Stadien große Unterschiede in dieser Beziehung bestehen. Wir müssen darnach trachten, möglichst wirtschaftlich zu arbeiten, und dazu brauchen wir vor allem die Kenntnis der tödlichen Minimaldosen für jede Art und für jedes Raupenstadium . . . . Eine unendliche Fülle von Arbeit ist hier noch von der Forstentomologie zu leisten, eine Arbeit, die nur dadurch in absehbarer Zeit zu erledigen ist, daß die forstzoologischen Institute Deutschlands sich in die Arbeit teilen. Ohne ein Zusammenarbeiten

[1]) Escherich, K., Die „Flugzeugbekämpfung" des Kiefernspanners im bayerischen Forstamt Ensdorf. Forstw. Centralbl. 1926. Heft 3. S. 87 und 90.

der deutschen Forstentomologen nach einem genau festgelegten Plan wird, so fürchte ich, lange Zeit vergehen, bis wir die notwendigen Unterlagen für eine Rationalisierung der Flugzeugbekämpfung erlangen werden, abgesehen davon, daß viel unnötige doppelte Arbeit geleistet werden wird. Wenn man berücksichtigt, welch zahlreiche Untersuchungen in dieser Hinsicht bei den verschiedenen landwirtschaftlichen Großschädlingen, die mit Arsen bekämpft werden, angestellt worden sind, so wird die Größe der Lücke in unserem forstentomologischen Wissen besonders deutlich..."

„Was ist die Ursache, daß auf ein und demselben gutbestäubten Baum nur ein Teil der Raupen eingeht, während der andere Teil am Leben bleibt und sogar zur Verpuppung kommt? Nimmt die Widerstandsfähigkeit gegen Arsen mit dem Alter derart zu, daß das Bestäuben während des letzten Raupenstadiums zwecklos ist? Gibt es individuelle Verschiedenheiten unter den Raupen, insofern als die einen widerstandsfähiger als die anderen sind? Gibt es vielleicht auch arsenfeste Individuen? Oder suchen die Raupen dem Arsen auszuweichen? Was wird aus Puppen, die von arsenhaltigen Raupen stammen? Ergeben sie den Falter oder sterben sie ab? Wenn aber ersteres der Fall ist, ist dann der Falter auch fortpflanzungsfähig?"

Zu dem mit diesen Worten umrissenen Fragenkomplex und zu anderen Fragen, die Arsenwirkung auf Forstschädlinge betreffend, soll die vorliegende Arbeit einen Beitrag liefern. Die Anregung hierzu verdanke ich Herrn Geheimrat Escherich, in dessen Institut die nötigen umfangreichen Experimente durchgeführt wurden. Für das Interesse, das er an meiner Arbeit stets genommen hat, möchte ich nicht verfehlen, ihm auch an dieser Stelle meinen tiefgefühltesten Dank auszusprechen. Ebenso schulde ich Herrn Dr. Eidmann für sein stets wohlwollendes Interesse an meinen Arbeiten gebührenden Dank.

* * *

Die Anwendung von Arsen gegen schädliche Insekten ist schon seit längerer Zeit in Gebrauch.

Das bekannteste Arsenpräparat in Deutschland war Jahrzehnte hindurch das Kupferacetatarsenit (Schweinfurter Grün), es wurde jedoch zunächst nur in geringen Mengen angewendet und zwar im Obstbau. Die Hauptmengen der in Deutschland zuerst hergestellten Arsenmittel gingen ins Ausland, besonders nach den Vereinigten Staaten von Amerika, wo sie bereits in großen Mengen zur Anwendung kamen (ca. 2 Millionen Kilogramm jährlich). Viel gebraucht wurde das Schweinfurter Grün auch in Rußland, in Indien und in Südafrika. Seit 1897 begann man auch in Deutschland das Schweinfurter Grün im Weinbau zu verwenden (gegen die 1. Generation des Traubenwicklers, *Clysia ambiguella* Hb.).

Im Jahre 1917 wurde das Schweinfurter Grün durch Karl Fischer verbessert und bekam den Namen „Uraniagrün". Dieses war spezifisch

leichter als das erstere, was einen großen Vorzug bedeutete. Von da ab fand dieses Mittel eine allgemeine Verwendung im Weinbau und im Obstbau.

Inzwischen ist man in Amerika dazu übergegangen, auch mit staubförmigen Arsenmitteln zu arbeiten. So wurden schon im Jahre 1917 die ersten ausgedehnten Bestäubungen mit Calciumarseniat gegen den Baumwollkapselkäfer auf Veranlassung des Delta-Laboratoriums des amerikanischen Landwirtschaftsministeriums in Tallubah, Louisiana, praktisch durchgeführt.[1]) Das Resultat war so glänzend, daß dieses Mittel die stärkste Verbreitung fand und bereits im Jahre 1919 3 Millionen Pfund nur in den Baumwollstaaten verwendet wurden.

Dem amerikanischen Beispiel folgend hat man auch in Deutschland die Herstellung solcher staubförmiger Mittel aufgenommen. Nachdem die Versuche von Sturm mit staubförmigem Calciumarseniat zu einem praktischen Erfolg führten, wurde im Jahre 1922 von der Firma Merck-Darmstadt dieses Arsenpräparat unter dem Namen Dr. Sturmsches Heu- und Sauerwurmmittel oder „Esturmit" hergestellt. Der Hauptvorteil der Staubmittel liegt in dem Wegfallen des Wassertransportes, was eine wesentlich einfachere, leichtere und schnellere Anwendung bedeutet und die Kosten stark verringert. Mit diesen Vorteilen sind jedoch auch Nachteile verbunden, die vor allem in der geringeren Haftfähigkeit und der Abhängigkeit vom Wind liegen. Trotz dieser Mängel fanden die Staubmittel starke Verbreitung und haben teilweise die Spritzmittel (Uraniagrün, Tabakextrakt u. a.) im Weinbau wie im Obstbau verdrängt. Dieser Umstand führte auch dazu, daß neuerdings staubförmige Präparate gleicher oder ähnlicher Zusammensetzung von anderen Firmen unter anderen Namen (Silesia, Höchst, Aresin, Dusturan usw.) in den Handel kamen.

Die Verwendung der staubförmigen Mittel legte den Gedanken nahe, dort, wo man die Bestäubung vom Boden aus nicht gut durchführen konnte, den Staub von oben aus durch Flugzeuge auf Kulturen zu bringen. Praktisch wurde dieser Gedanke zum erstenmal ausgeführt in Amerika und zwar im Jahre 1921 auf Anregung von C. R. Neillie im Staate Ohio. Dieser Versuch, der der Vernichtung des *Catalpa*-Schwärmers galt, ergab ein geradezu glänzendes Resultat.[2]) Seitdem kam diese neue Bekämpfungsmethode in Amerika immer mehr und mehr in Aufnahme, vor allem gegen Baumwollschädlinge, sodann aber gegen Feldschädlinge verschiedener Art (Tabak, Tomaten usw.).

Der Gedanke der Flugzeugbekämpfung wurde übrigens in Deutschland schon vor dem Kriege, im Jahre 1912, gefaßt und zwar von dem deutschen Staatsoberförster Zimmermann, der sich im Jahre 1912 ein Patent „zur Verwendung von Luftfahrzeugen in der Bekämpfung gegen

---

[1]) Morstatt, H., Arsen und Flugzeug bei der Bekämpfung des Baumwollkapselkäfers. Anz. f. Schädlingskunde. 1926. Heft 3. S. 34.

[2]) Siehe Zeitschrift f. angew. Entomologie. 1923. Bd. IX. Heft 2. S. 343—352.

Forstschädlinge“ (D. R. P. 247028 vom 17. Dezember 1912) ausstellen ließ. Doch während des Krieges geriet der Vorschlag Zimmermanns vollständig in Vergessenheit.

Erst durch die Berichte über die durchschlagenden Erfolge in Amerika hat man sich wieder an Zimmermann erinnert und die neue Methode wird seitdem von Escherich kurz als „Zimmermannmethode“ bezeichnet. Escherich war es auch, der als erster aufgefordert hat zur Verwendung des Flugzeuges gegen Forstschädlinge in Deutschland (Münchener Neueste Nachrichten, Juni 1924; Silva, 4. August 1924; Forstwissenschaftliches Zentralblatt, Januar 1925 usw.). Ungefähr gleichzeitig haben sich auch Wolff und Krauße mit dieser Frage beschäftigt (Naturwissenschaftliche Umschau der Chemikerzeitung, 14. Jahrg., 1924, Nr. 2).

Verwirklicht wurde diese Idee in Deutschland zum erstenmal im Mai 1925, wo das Flugzeug zur Bekämpfung der Forleule und Nonne auf Anregung von M. Wolff, Eberswalde, verwendet wurde.[1]) Diesem ersten Beispiel folgten schnell viele andere, und so hat diese Methode auf dem Umweg über Amerika ihre eigentliche Heimat wiedererobert.

* * *

Da Arsenmittel erst seit kurzer Zeit im Forstschutz Verwendung finden, ist die Literatur über die Wirkung von Arsenpräparaten auf die Forstschädlinge nur eine sehr spärliche.

Ende Juni 1923 erschien in der Zeitschrift für angewandte Entomologie eine Arbeit von Uphof (27), in der über die ausgezeichnete Wirkung des Arsens auf die *Catalpa*schwärmer-Raupen (*Ceratomia catalpae*) Kenntnis gegeben wird (siehe oben). Der Erfolg der Bestäubung war ein so durchgreifender, daß man bereits nach 46 Stunden die vernichtende Wirkung des Giftes unter den Raupen konstatieren konnte. „Millionen tote Raupen waren auf dem Boden, im Grase und auf den Zweigen zu finden, kaum 1 Prozent der Tiere blieb am Leben.“

In Deutschland war G. Wülker[2]) der erste, der Arsenstaubmittel gegen Forstschädlinge in Anwendung gebracht hat. Im Jahre 1924 berichtete er auf der 4. Mitgliederversammlung der deutschen Gesellschaft für angewandte Entomologie über „Arsen im Forschutz“, wobei er von den Ergebnissen seiner Versuche und im allgemeinen von den Möglichkeiten der Anwendung von Arsenmitteln gegen verschiedene Forstschädlinge sprach. Seine Versuche bestanden darin, daß er 2 verschiedene Arsenstaubmittel (Sturmsches Mittel und Uraniagrün-Pulver) gegen *Hylobius abietis* und *Lygaeonematus pini* verwendete. Nachdem er in Laboratoriumsversuchen die regelmäßige Vergiftung der *Hylobius abietis*-Käfer feststellen

[1]) Wolff und Krauße, Die Einführung der Arsenverstäubung vom Flugzeug aus in die Praxis der Forstschädlingsbekämpfung. Anz. f. Schädlingskunde. 1925. Heft 9. S. 99.

[2]) Wülker, G., Arsenmittel im Forstschutz. Verhandl. d. dtsch. Gesellschaft f. angew. Entomologie auf d. 4. Mitgliederversammlung zu Frankfurt a. M. 1924.

konnte, hat er mit gutem Erfolg Versuche im Gelände (1922 im Bienwald) gemacht. Diese Arsenmittel gegen *Hylobius abietis* benutzte er mit sehr guten Resultaten auch in Kombination mit der Anlockung der Käfer, wobei er das Fangmaterial bestäubte. Bei der Fichtenblattwespe (*Lygaeonematus pini*) war die volle Wirksamkeit des Mittels nur dann zu beobachten, wenn die Bestäubung 2- und sogar 3 mal wiederholt wurde, weil hier das Wachstum der Fichten-Maitriebe und die geringe Haftfähigkeit des Mittels eine große Rolle spielten.

Im Jahre 1925 erschien ein Artikel von M. Wolff und A. Krauße (30), dem zu entnehmen ist, daß das Calciumarseniat gegen verschiedene Forstschädlinge sehr gut gewirkt hat. „Der Erfolg der Bekämpfung der Nonne demonstrierte sich im Aufhören des Kotfalles, im massenhaften Herunterfallen verendeter Raupen und im entsprechenden Stillstand der Kronenlichtung, die in Sorau teilweise einen bedenklichen Grad angenommen hatte. Außer der Nonne erlagen dem Calciumarseniat, das von uns ausschließlich verwendet wurde, verschiedene Laubholzspanner und der in Sorau stark auftretende Eichenwickler. Die toten Raupen des letzteren fielen bereits 12 Stunden nach der Bestäubung zu Boden. Der Nonnenfraß hörte dort, wo das 40prozent. Calciumarseniat der Güttler-Schärfe-Werke verstäubt worden war, bereits nach 3—5 Tagen vollständig auf."

Zur gleichen Zeit berichtet Krieg (15) über seine Versuche, die er mit Nonnenraupen nach der ersten Häutung und mit Eiräupchen ausführte. Dabei hat sich gezeigt, daß die Raupen im zweiten Stadium nach Arsenaufnahme nach 5 Tagen alle zugrunde gegangen, während die Eiräupchen alle erst nach 10 Tagen eingegangen waren. Die von dem Autor im großen Maßstab durchgeführte Bekämpfung gegen die Nonne im Sorauer Wald und in Regenthin hatte, wie eben erwähnt, einen ausgezeichneten Erfolg.

Im Juni 1925 erschien eine wichtige Arbeit von Speyer (25), die sich mit der Wirkung von Arsenverbindungen auf Lepidopterenraupen beschäftigt. Er hatte schon 1922 begonnen, derartige Versuche mit *Lymantria dispar* anzustellen und ausgedehnte Versuche mit *Bombyx mori* fortgesetzt. Arsenvergiftete Schwammspinnerraupen, die nach einer Woche wieder mit normalem Futter ernährt wurden, zeigten zwar in der Folge eine größere Sterblichkeit als die nicht vorbehandelten Kontrolltiere, aber mehrere machten doch ihre Verwandlung bis zum Falter durch, kopulierten und die Weibchen legten normalerweise ihre Eischwämme ab. Aus diesen Eiern schlüpften aber später keine Räupchen, während sie in den Kontrollversuchen zu Hunderten auskamen. „Ob bereits die Eier nicht befruchtet waren oder ob die Embryonen nicht genügend Lebenskraft besaßen, bleibt hier ungeklärt. Jedenfalls hatte eine Arsenvergiftung, die zu schwach war, die Raupen zu töten, nachgewirkt." In der gleichen Arbeit finden wir auch die interessante Mitteilung, daß bei polyederkranken Raupen die Aufnahme von schwach arsenhaltigem Futter auf die Krankheit unterdrückend wirkt.

Im September des gleichen Jahres erschien im Nachrichtenblatt für den deutschen Pflanzenschutzdienst ein Artikel von H. Sachtleben (21). Bemerkenswert ist, daß hier zum erstenmal eine verschiedene Wirkung des Arsen auf Forstschädlinge festgestellt wird. Die Laboratoriumsversuche haben „allerdings eine gute Wirksamkeit von Arsenpräparaten gegen Forleulenraupen ergeben, wogegen Nonnenraupen widerstandsfähiger zu sein schienen." Er glaubt die Ursache darin suchen zu müssen, daß die erwachsenen Nonnenraupen das bestäubte Futter vermieden haben und kurz vor der Verpuppung stehende Raupen sich bald ohne weiteren Fraß verpuppten. Da der Autor aber nichts Näheres über die angewendete Methode usw. sagt, kann man nicht entscheiden, warum er zu solchen Ergebnissen gekommen ist, da in meinen Versuchen die Nonnenraupen in allen Stadien niemals bestäubtes Futter verschmäht haben.

Einen großen Fortschritt in der Bestäubungsfrage bedeutet die Arbeit von K. Escherich (7), die im Februar 1926 im Forstwissenschaftlichen Zentralblatt, Heft 3, erschienen ist. Unter seiner Leitung wurde die Bekämpfung des Kiefernspanners, *Bupalus piniarius,* im bayerischen Forstamt Ensdorf durchgeführt. Abgesehen davon, daß der Autor die technische Seite der Flugzeugbekämpfung in eingehender Weise behandelt, ist die Arbeit insofern für uns interessant, als er die Frage nach der Wirkung der Arsenpräparate auf Forstschädlinge, insbesondere auf den Kiefernspanner, eingehender studiert hat. Es wird hier zum erstenmal festgestellt, daß das Arsen auf die Eiräupchen sehr rasch wirkt, während erwachsene Raupen eine auffallende Widerstandsfähigkeit dagegen zeigen.

Zu Beginn des Jahres 1926 hat Gebh. Walter (28) eine Schrift herausgegeben unter dem Titel „Die Bekämpfung der Forleule und Nonne in den Oberförstereien Biesenthal und Sorau im Jahre 1925". Von besonderer Wichtigkeit für uns sind die Ergebnisse, zu denen der Verfasser in bezug auf die Wirkung der verschiedenen Arsenmittel auf die Forstschädlinge kommt. Sowohl nach den Laboratoriumsversuchen als auch der Bekämpfung im Großen stellte sich heraus, daß das Präparat von der Firma Güttler-Schärfe viel stärker auf die Nonnenraupen wirkte als das von der Firma Hugo Stoltzenberg hergestellte. „Das letztere Mittel hat den Nachteil, daß die Dosierung und Konzentration bei weitem zu niedrig waren."

Andererseits enthalten aber die Versuche von Walter auch Fehler. Die von ihm bei Raupen von Spanner, Eule, Nonne und Blattwespen angewendete Methode ist insofern nicht einwandfrei, als er, nachdem die Futterzweige vertrocknet waren (nach 8—9 Tagen) die Versuche abgebrochen hat. Wie ich später nachweisen werde, wirkt das Arsen schr häufig erst nach viel längerer Zeit. Dabei war die Anzahl der für jeden Versuch gewählten Raupen sehr gering — manchmal hat er nur 2 Raupen genommen —, so daß man keinen endgültigen Schluß daraus ziehen kann. Und endlich ist nichts darüber erwähnt, um welches Raupenstadium es

sich handelt (was sehr wichtig ist). Durch seine Versuche sind aber wenigstens die Vergiftungserscheinungen (bezw. das Krankheitsbild) der Versuchsraupen festgestellt worden.

Erwähnenswert ist auch der Artikel von R. Janisch (14) im „Nachrichtenblatt für den deutschen Pflanzenschutzdienst" (März 1926). Er macht darin mit einer neuen Methode bekannt zur vergleichenden Beurteilung der Wirksamkeit von Insektengiften. Ich will auf diese Methode hier nicht näher eingehen, da ich sie teilweise bei meinen Versuchen angewendet habe und dort darauf zurückkommen werde.

Bis zum Frühjahr 1926 wurde die Arsenbestäubung nur gegen Nonne, Spanner, Forleule und Eichenwickler in Anwendung gebracht. Weiterhin hat man dann diese Methode auch gegen den Maikäfer angewendet. Ein erster Schritt in dieser Richtung wurde durch Pustet und Sell (19) unternommen. Sie haben eine Reihe von Versuchen angestellt, deren Ergebnisse sie in den Praktischen Blättern für Pflanzenbau und Pflanzenschutz VI, 2, 1926 veröffentlichten. Darnach ist das Resultat als fast negativ zu bezeichnen, da die Sterblichkeit der Maikäfer nur 25% betrug, was beide Autoren zu dem Schluß bringt, daß arsenhaltige Staubmittel zur Maikäferbekämpfung nicht verwendbar sind.

Zu demselben Resultat kommt auch H. Sachtleben (22) in seiner Arbeit „Versuche zur Maikäferbekämpfung mit arsenhaltigen Staubmitteln". Von ihm war die Maikäferbekämpfung in Kuppentin praktisch durchgeführt worden, ebenfalls ohne wesentlichen Erfolg. Bemerkenswert ist, daß von dem Verfasser eine Abschreckung der Käfer durch die Bestäubung ihrer Fraßbäume in Kuppentin nicht festgestellt werden konnte.

Im September 1926 waren noch 2 Arbeiten erschienen von H. Gasow (10 u. 11). In der einen bringt er Beobachtungen und Versuche, die er bei der Bekämpfung des grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana*) mittels eines Motorverstäubers im Gräfl. v. Landsbergschen Forstschutzbezirk Gemen i. W. im Mai und Juni 1926 zu machen Gelegenheit hatte. In der anderen Arbeit „Forstentomologische Untersuchungen" interessiert uns der 2. Teil über die Wirksamkeit staubförmiger Chemikalien gegen die Raupen des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius*). In von ihm angestellten Vorversuchen hat er die Raupen des Kiefernspanners mit verschiedenen Giften (Fluorverbindungen und Arsenpräparaten: Aresin, Calciumarseniat von Stoltzenberg, Calciumarseniat Silesia, Esturmit usw.) behandelt. Die Ergebnisse stimmen im großen und ganzen mit dem überein, was schon von Escherich festgestellt worden war. „Leider", sagt Gasow selbst, „konnten die Vorversuche nicht mit so zahlreichem Material angestellt werden, wie wünschenswert gewesen wäre."

Endlich sei noch die wichtige Arbeit von F. Stellwaag (26) „Gebrauch der Arsenmittel im Deutschen Pflanzenschutz" erwähnt, die außer der ausführlichen Geschichte der Arsenanwendung in Deutschland auch die Grundlagen für den Gebrauch der Arsenmittel und den gegenwärtigen

Stand der Bekämpfung gibt. Von besonderer Bedeutung sind für uns die Ausführungen über Abtötungskraft, Haftfähigkeit und Begleiterscheinungen der Arsenbehandlung. Hier ist klar dargestellt, daß z. B. bei Anwendung von Spritzmitteln eine Vergiftung bei den verschiedenen Tierarten, besonders bei Haustieren, nicht zu fürchten ist, da sie sehr viel Arsen vertragen (für 1 Rind gilt als tödlicher Durchschnittswert 13—30 g, für 1 Ziege 8—10 g usw.). Sehr interessant ist auch, wie der Verfasser die Frage „Spritzen oder Stäuben" behandelt, wobei er Nachteile und Vorteile der Spritz- und Staubmittel darlegt und die letzte Entscheidung dem Praktiker überläßt.

Von der sehr zahlreichen amerikanischen Literatur über Arsenwirkung auf Forstschädlinge führe ich nur die uns besonders interessierende Arbeit von Cambell (1) an „On the Possibility of Development of Tolerance to Arsenic by Individual Insects". Der Autor, von Versuchen mit *Bombyx mori* ausgehend, kommt zu dem Schluß, daß man die Ursache, daß das Gift auf jüngere Raupen rascher wirkt als auf ältere, nicht in der Immunität zu suchen hat, sondern im Ansteigen der tödlichen Minimaldosis mit dem Gewicht des Insektes.

I. Methodik.

Meine Untersuchungen erforderten, wenn sie zu brauchbaren Ergebnissen führen sollten, vor allem eine gut durchgearbeitete Zuchtmethodik. Für die Versuche verwendete ich Glaszylinder in der Größe 32 : 20 cm, die auf einem mit weißem Papier bedeckten Brett standen (um den Kot leichter zu sehen und genau sammeln zu können). Die Zylinder wurden oben mit Mullgazedeckel oder einem Deckel aus feinem Drahtgeflecht geschlossen, damit die Versuchstiere nicht entweichen konnten. (Abb. 1.) Nur in einem Fall mußte ich kleinere Gläser, 17 : 10 cm, verwenden und zwar bei den Versuchen mit gezüchteten Kiefernspannerraupen. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die nicht aus Freilandeiern gezüchteten Raupen sehr rasch in den großen Gläsern zugrunde gingen, während sie in kleinen Gläsern viel länger am Leben blieben und in einigen Fällen sich sogar verpuppten. Es ist dies eine Erscheinung, die schon seit langem vielen Insektenzüchtern bekannt ist, ohne daß es bis jetzt gelungen wäre deren Ursache zu finden.

Als Futter für die Maikäfer *(Melolontha vulgaris)* und für *Lymantria dispar* wählte ich voll entwickelte Buchenblätter, *Fagus silvatica* (ca. 6 cm lang und 4—5 cm maximale Breite). In jedem Zylinder einer Versuchsreihe habe ich mich streng an die gleiche Menge von Blättern gehalten, z. B. für eine Versuchsreihe 150 Blätter pro Gefäß, für eine andere 80 oder 60 Blätter.

Bei den Versuchen mit Nonnenraupen habe ich als Futter Fichtenzweige (*Picea excelsa*) genommen, aber stets nur solche mit Maitrieben.

Auch hier war ich bemüht, die Menge des Futters möglichst gleichmäßig auf jeden Versuch zu verteilen, was ich dadurch erreichte, daß ich die Zahl der Maitriebe und die Länge des Zweiges feststellte (18, 15, 12, 8 und 5 Maitriebe pro Gefäß für eine Versuchsreihe). Die Länge der Zweige betrug für sämtliche Versuchsreihen 25 cm.

Die Kiefernspannerräupchen fütterte ich mit Zweigen der Kiefer, *Pinus silvestris*, deren Nadeln ich zuerst sorgfältig gezählt hatte. So nahm ich z. B. für eine Versuchsreihe Zweige mit 300 Nadeln für jedes

Abb. 1. Laboratorium mit aufgestellten Versuchszylindern. Orig. (phot. Seiff).

Glas, für eine andere mit 150 Nadeln und wieder für eine andere mit 400 Nadeln.

Die Futterzweige stellte ich in kleine Gefäße mit Wasser. Das verdunstete Wasser wurde von Zeit zu Zeit nachgefüllt. Um zu verhindern, daß die Versuchstiere in das Wasser fielen und ertranken, habe ich um die Zweige im Glashals einen dichtabschließenden Wattepfropfen gelegt.[1]) Diese Vorsichtsmaßregel hatte noch den Vorteil, daß das Wasser nicht so rasch verdunsten konnte. Um den heruntergefallenen Versuchstieren zu ermöglichen, wieder auf das Futter zu gelangen, habe ich einen kleinen Zweig umgeknickt an das Wasserglas gebunden, so daß er den

[1]) Diese Vorsichtsmaßregel hat Sachtleben übersehen, und daher waren ihm verschiedene Versuchstiere ertrunken.

Boden berührte. Solchermaßen war es entbehrlich, die heruntergefallenen Tiere sammeln zu müssen und wieder auf die Zweige zu setzen.

Die Zweige habe ich durch neue ersetzt, sobald es notwendig war, d. h. wenn sie kahlgefressen waren oder anfingen einzutrocknen (ungefähr nach 8—10 Tagen). Es ist selbstverständlich, daß das ausgetauschte Futter stets in gleicher Weise behandelt wurde.

Zur Kontrolle habe ich Parallelversuche aufgestellt, bei denen die Versuchstiere reines Futter ohne Gift erhielten, d. h. also unter natürlichen Verhältnissen gehalten wurden.

Bestäubt wurden die Futterzweige mit Hilfe eines feinsten Gazebeutels, wie es auch Escherich[1]) und Sachtleben[2]) bei ihren Versuchen gemacht hatten.

Im ganzen habe ich 5 verschiedene Bestäubungsmittel ausprobiert und zwar folgende:

Esturmit von der Chemischen Fabrik E. Merck, Darmstadt,
Aresin von der J. G. Farbenindustrie A.-G., Leverkusen b. Köln a. Rh.,
Dusturan von „Pflanzenschutz" G. m. b. H., Schweinfurt,
Calciumarseniat „Silesia" von den Güttler-Schärfe-Werken G. m. b. H., Reichenstein i. Schlesien,
„Höchst" J. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst a. Main.

Von den Spritzmitteln habe ich Uraniagrün in Tafelform (Ehlhardtsche Tafeln) gewählt.

Die Menge des zu verwendenden Giftes habe ich für jeden Versuch genau durch Wiegen festgelegt. Die Zweige wurden möglichst gleichmäßig bestäubt und zwar auf zweierlei Weise: 1. die Zweige waren sehr stark bestäubt, so daß die ganze Oberfläche der Blätter oder Nadeln dicht mit Giftstaub bedeckt war („mehlartige Bestäubung") und 2. die Menge des verstäubten Giftes war geringer, so daß nur $^1/_3$ bis $^1/_2$ der Oberfläche bestäubt war („schwache Bestäubung"). Nur in einigen Fällen habe ich die Bestäubung in 3 und 4 verschiedenen Stärken vorgenommen (siehe *Melolontha vulgaris* und *Lymantria dispar*).

Die Uraniagrün-Spritzbrühe habe ich in 2 verschieden starken Dosen angewendet: einmal in normaler Lösung (1 Rippe auf 20 l Wasser) und das andere Mal in doppelt starker Lösung (1 Rippe auf 10 l Wasser).

Um zu verhindern, daß das beim Bestäuben der Zweige zu Boden fallende Gift sich im Zuchtzylinder ansammelte, habe ich die Futterzweige mit den Wassergefäßen vorher in einem anderen Zylinder bestäubt und dann vorsichtig in den Zuchtzylinder gestellt.[3])

Vor dem Bestäuben wurden die Zweige mit Hilfe eines Verstäubers ganz fein mit Wasser angefeuchtet, um die Haftfähigkeit des Giftes zu

[1]) Escherich, K., Dieselbe Arbeit.

[2]) Sachtleben, H., Dieselbe Arbeit.

[3]) Die Bestäubung wurde sehr vorsichtig ausgeführt, so daß nur ganz geringe Mengen Gift zu Boden fielen, die praktisch ohne Bedeutung waren. Solch geringe Fehlerquellen lassen sich bei derartigen Versuchen wohl kaum ganz vermeiden.

erhöhen. Damit habe ich auf den Umstand im Freien Rücksicht genommen, daß bei der Flugzeugbekämpfung, die meist nur am Morgen und Abend vorgenommen werden kann, die Nadeln oder Blätter in der Regel auch mehr oder weniger feucht sind (Nebel und Tau).

In jeden Zylinder einer Versuchsreihe wurde genau dieselbe Zahl von Insekten gesetzt (z. B. 20, 12 oder 10 Versuchstiere). Dabei wurde stets darauf geachtet, daß die Raupen für je eine Versuchsreihe im selben Entwicklungsstadium standen und von gleicher Größe waren. Ausnahmen habe ich nur dann gemacht, wenn ich zeitweise Mangel an Material hatte (z. B. 8 oder 6 und sogar bloß 4 Versuchstiere). Bei jedem Versuch wurden die Versuchstiere 1—2 Tage vorher normal gefüttert, damit nicht Hunger das Ergebnis beeinflussen konnte.

Meine Beobachtungen habe ich täglich fortgesetzt (auch an Sonn- und Feiertagen) und genaue Aufzeichnungen gemacht über die Zahl der eingegangenen, der gehäuteten, der verpuppten und der zu Imago entwickelten Individuen. Die eingegangenen Tiere habe ich für jeden Versuch gesondert in einem Glas mit 70 prozent. Alkohol aufbewahrt. Diese Beobachtungen erforderten außerordentlich viel Mühe, besonders bei *Bupalus piniarius*, weil dessen Raupen nur sehr schwer an den Nadeln zu erkennen sind.

Raupen von Nonne und *L. dispar*, die sich verpuppt hatten, verblieben in ihrem Zylinder. Dagegen wurden die Puppen von *Bupalus piniarius* auf einen bis zur Hälfte mit Erde gefüllten Topfuntersatz gelegt und mit Moos zugedeckt, um sie in ähnlichen Verhältnissen wie im Freien zu halten. Für jeden Versuch habe ich einen eigenen Untersatz genommen; das Moos wurde stets feucht gehalten.

Zur Eiablage gab ich den Faltern von *L. dispar* Buchenstammstücke (ohne Blätter) und für die Nonne Stammstücke von der Fichte, die in die Versuchszylinder gestellt wurden. Nach beendeter Eiablage brachte ich die Eier für jeden Versuch gesondert in Petrischalen.

Alle zugrunde gegangenen Raupen, ferner von der Nonne alle eingegangenen Falter sowie ein Teil der Eier, von *L. dispar* je 1 Puppe aus jedem Versuch, und endlich alle eingegangenen Maikäfer wurden zur Untersuchung auf Arsengehalt an die Chemische Fabrik E. Merck, Darmstadt[1]) geschickt.

Die Menge der gefressenen Blätter oder Nadeln wurde bei jedem Austausch des Futters und nach Beendigung der Versuche festgestellt (auch bei den Kontrollversuchen). Zur Ermittelung der Fraßfläche bei *Melolontha vulgaris* und *L. dispar* wurden die Umrisse der ausgefressenen Blattfläche mit einem spitzen Bleistift genau auf Millimeterpapier nachgezogen und die Zahl der Quadratmillimeter-Blattfläche ausgezählt. Diese

[1]) Der Firma E. Merck möchte ich auch an dieser Stelle für die viele Arbeit und die Kosten, die mit der Untersuchung meiner zahlreichen Sendungen verbunden waren, meinen verbindlichsten Dank aussprechen.

Methode hat R. Janisch[1]) zur Feststellung des Nahrungsverbrauches bei Kohlweißlingsraupen angewendet. Die so erhaltenen Ziffern von allen Blättern eines Versuchs habe ich zusammengezählt und dann durch 2470 qmm dividiert (d. i. die Oberfläche eines normalen Buchenblattes) und so die Fraßmenge in Blatteinheiten errechnet. Bei der Nonne habe ich die Fraßmenge dadurch erhalten, daß ich die Anzahl der gefressenen Maitriebe feststellte, weil das Zählen der Fichtennadeln bei so vielen Versuchen unmöglich gewesen wäre. Dagegen habe ich beim Kiefernspanner die Nadeln gezählt, da die Kiefernnadeln nicht in so großer Anzahl vorhanden sind. In diesem Fall habe ich zuerst die Zahl der befressenen Nadeln festgestellt und dann die Fraßspuren gemessen. Als Fraßbreite von Raupen des I. und II. Stadiums (Rinnenfraß) habe ich 0,3 mm abgemessen, für andere Stadien ungefähr 1 mm. Auf Grund dieser Ziffern konnte ich die Ausdehnung der Fraßfläche in Quadratmillimeter errechnen.

Die aufgenommene Giftmenge habe ich nicht nach der Methode von Janisch festgestellt, weil es für mich nicht notwendig war. Wichtiger war die Feststellung des Arsengehalts in den zugrunde gegangenen Raupen, was, wie schon oben erwähnt, durch die chemische Analyse erfolgte.

Nach Beendigung eines jeden Versuchs wurde der Kot gesammelt, sorgfältig von anderen Bestandteilen gereinigt und in Gläschen zum Trocknen aufbewahrt. Nach seiner Trocknung wurde der Kot für jeden Versuch gesondert auf der chemischen Wage gewogen.

In den Übersichtstabellen der Beobachtungsergebnisse ist angegeben: mittlere Lebensdauer der Zuchttiere, sowie minimale und maximale Lebensdauer, der Prozentsatz der eingegangenen, verpuppten, zu Imago entwickelten Insekten, die Fraßmenge, Kotmenge und der Arsengehalt der zugrunde gegangenen Tiere.

Die mittlere Lebensdauer der Zuchttiere wurde auf folgende Weise berechnet: zuerst stellte ich fest, wieviele Tage jedes der Versuchstiere gelebt hat, die erhaltenen Ziffern für sämtliche Tiere eines Versuchs zählte ich zusammen und teilte diese Summe durch die Zahl der Tiere. Z. B. in Versuch Nr. 1 (Tabelle I) haben

6	Käfer	3	Tage	lang	gelebt	d. i.	6.3	Tage	=	18	Tage
2	„	4	„	„	„	„ „	2.4	„	=	8	„
2	„	5	„	„	„	„ „	2.5	„	=	10	„
3	„	6	„	„	„	„ „	3.6	„	=	18	„
2	„	8	„	„	„	„ „	2.8	„	=	16	„
3	„	10	„	„	„	„ „	3.10	„	=	30	„
1	„	11	„	„	„	„ „	1.11	„	=	11	„
1	„	12	„	„	„	„ „	1.12	„	=	12	„
20	Käfer									123	Tage

[1]) Janisch, R., Eine neue Methode zur vergleichenden Beurteilung von Insektenfraßgiften. Nachr.-Bl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzdienst. 1926. Nr. 2 u. 3. S. 18.

d. s. zusammen 20 Käfer und 123 Tage; die mittlere Lebensdauer eines Käfers ist demnach 123 Tage : 20 = 6,15 Tage. Die mittlere Lebensdauer der Versuchstiere ist besonders wertvoll zur Vergleichung der Ergebnisse verschiedener Versuche, ich habe diese Methode schon früher in meiner Arbeit „Ernährung der Stechmückenlarven" (georgisch) mit gutem Erfolg in Anwendung gebracht.

Am Schluß meiner Ausführungen über die angewendete Methode sei noch erwähnt, daß ich im ganzen 286 Versuche angestellt habe, von denen 35 auf *Melolontha vulgaris*, 21 auf *L. dispar*, 79 auf *L. monacha*, 141 auf *Bupalus piniarius* treffen und 10 auf Versuche zur Feststellung der Haftfähigkeit der Bestäubungsmittel. Die Zahl der Versuchstiere belief sich im ganzen auf 3717, die sich folgendermaßen verteilen: 490 *Mel. vulgaris*, 224 *L. dispar*, 718 *L. monacha* und 2285 *Bup. piniarius* (von letzteren wurden 900 Stück zu Versuchen im Freien verwendet).

II. Eigene Untersuchungen.

1. Maikäfer, *Melolontha vulgaris* L.

Die Käfer für meine Versuche stammten aus dem Forstamt Kandel-Süd (Rheinpfalz). Sie hatten den Transport gut überstanden. Trotzdem wählte ich, um ganz sicher zu gehen, nur die lebhaftesten und ganz gesund scheinenden als Versuchstiere aus.[1])

Vier mit je 20 Käfern angestellte Vorversuche haben bereits gezeigt, daß die Anwendung von Staubmittel gegen diesen Käfer nicht zum Erfolg führen. Am 2. Tag waren in den Versuchen mit sehr stark bestäubten Buchenblättern (Tab. I, Versuch 1, 2 und 3) fast keine Fraßspuren zu sehen, während in den Kontrollversuchen (Versuch 5) fast alle Blätter aufgefressen waren. Am 3. Tag zeigte sich der Unterschied noch deutlicher, wo in den Kontrollversuchen auch die letzten Reste der Blätter weggefressen waren, während in den Versuchen mit bestäubtem Futter die Käfer die Blätter fast kaum berührt hatten. (Abb. 2.) Im Kontrollversuch waren bis zum Absterben aller Versuchstiere 749 Blätter gefressen worden, in den Versuchen mit bestäubten Blättern dagegen nur 2,3 Blätter (Versuch Nr. 1), 3 Blätter (Versuch Nr. 2) und 1,09 (Versuch Nr. 3). Damit stimmte auch die Kotmenge überein. So war in dem Kontrollversuch der ganze Boden mit Kot bedeckt (12943 mg), während in den übrigen Versuchen nur sehr wenig Kot vorhanden war. (Versuch Nr. 1: 167 mg, Nr. 2: 168 mg und Nr. 3: 62 mg.)

Die weiteren Spezialversuche haben die Richtigkeit dieser Beobachtungen bestätigt. Es hat sich bei meinen Versuchen gezeigt, daß das Fressen von bestäubten Blättern wohl nur auf Hunger zurückzuführen

[1]) Ideal wäre, wenn für die Versuche nur frisch geschlüpfte Maikäfer hätten verwendet werden können, aber das war leider nicht möglich.

ist, was daraus hervorgeht, daß die Käfer in den ersten Tagen nach der Bestäubung die Blätter nicht angerührt haben. So habe ich z. B. aus Versuch Nr. 18 (mit 20 Käfern), bei dem die Blätter sehr stark mit Esturmit bestäubt waren, nach einem Tag 10 Käfer entnommen und auf unbestäubte Blätter gesetzt (Versuch Nr. 19, Tab. I). Diese letzteren haben daraufhin ganz normal weitergelebt (mittlere Lebensdauer 19,3 Tage, maximale Lebensdauer 31 Tage), 68,3 Blätter gefressen und 2373 mg Kot gegeben. Während die im Versuch Nr. 18 verbliebenen 10 Käfer nur eine mittlere Lebensdauer von 6 Tagen und eine maximale von 10 Tagen erreichten, nur 2,5 Blätter gefressen hatten und nur 215 mg Kot lieferten

Abb. 2. Versuche mit *Melolontha vulgaris* L.
Links Kontrollversuch (Versuch 5), Mitte und rechts mit Esturmit stark bestäubtes Futter (Versuche 1 und 2). Die Zahl der Käfer, der Blätter und die Versuchszeit in sämtlichen Versuchen ist gleich. Orig. (phot. Seiff).

Andererseits hat der Versuch (Nr. 33) mit hungernden Käfern ergeben, daß die Käfer nicht allzulange hungern können und ohne Nahrung nur eine mittlere Lebensdauer von 4,83 Tagen erreichen, wogegen die Käfer in den Versuchen mit bestäubtem Futter durchschnittlich eine viel längere Lebensdauer haben (Tab. I).

Allerdings gingen in den Versuchen mit mehlartiger Bestäubung (Nr. 7, 11 usw.) einige Käfer schon nach 1—3 Tagen zugrunde und die mittlere Lebensdauer war nur sehr gering. Dagegen lebten die Käfer in den meisten übrigen Versuchen mit schwach bestäubten Blättern (Versuche Nr. 21, 24, 27, 29, 30 usw.) viel länger; die ersten gingen nach 5 bis 7 Tagen ein, die Mehrzahl nach 15—17.

Der rasche Tod bei mehlartiger Bestäubung läßt sich auch noch daraus erklären, daß das Gift auf die Käfer nicht nur von innen,

Tabelle I.

Melolontha vulgaris L. (je 6 ♂♂ und 6 ♀♀).[1])

Laufende und Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Käfer Tagen	Minimale Lebensdauer der Käfer Tagen	Maximale Lebensdauer der Käfer Tagen	Gefressen bis zum Ende des Versuches Blätter	Kotmenge mg	Arsengehalt pro Käfer mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
1	Esturmit 2000 mg. 150 Blätter	6,15	3	12	2,3	167	0,07	2	—
2	Esturmit 1000 „ 150 „	5,8	3	12	3	168	0,12	2	Haben Eier abgelegt
3	Esturmit 3000 „ 150 „	4,6	2	10	1,09	62	0,07	2	—
4	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht?	8,2	4	16	best. 0,5 | unb. 2	299	0,12	2	—
5	Kontrollversuch. 150 Blätter .	37,15	3	57	749	12 943	—	6	Haben Eier abgelegt
6	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht?	10,65	2	18	best. — | unb. —	—	0,08	1	„ „ „
7	Esturmit 1000 mg. 60 Blätter	3,25	1	6	0,46	44	0,10	1	„ „ „
8	Esturmit 500 „ 60 „	5,67	1	9	1,4	99	0,06	1	„ „ „
9	Esturmit 250 „ 60 „	5,17	1	9	1,3	110	0,2	1	„ „ „
10	Esturmit 100 „ 60 „	5,92	1	10	2,6	146	0,09	1	„ „ „
11	Aresin 1000 „ 60 „	2,92	1	5	0,2	43	0,16	1	„ „ „
12	Aresin 500 „ 60 „	4,17	2	7	0,73	68	0,06	1	„ „ „
13	Aresin 250 „ 60 „	4,92	2	10	1,07	117	0,1	1	„ „ „
14	Aresin 100 „ 60 „	9,83	2	15	6,2	600	0,08	2	„ „ „
15	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht?	8	2	22	best. 0,4 | unb. 15,3	663	0,04	2	„ „ „
16	Kontrollversuch. 60 Blätter .	18,5	2	35	138,6	4 138	—	3	„ „ „
17	Ohne Nahrung	6,08	3	9	—	—	—	—	—
18	Esturmit 250 mg. 60 Blätter.	6	2	10	2,5	215	0,12	1	Haben Eier abgelegt
19	Nach 1 Tage aus Versuch 18 auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	19,3	6	31	68,3	2 373	0,08	2	„ „ „
20	Esturmit 50 mg. 60 Blätter .	7,5	3	14	3	238	0,16	1	„ „ „
21	Aresin 50 „ 60 „	9,33	6	15	4,2	427	0,04	1	„ „ „
22	Dusturan 250 mg. 60 Blätter	7,59	5	10	3,7	229	—	1	„ „ „
23	Dusturan 100 „ 60 „	13,33	5	17	11,2	788	0,16	1	„ „ „
24	Dusturan 50 „ 60 „	9,42	5	15	13,4	611	0,02	1	„ „ „
25	Calciumarseniat 250 mg. 60 Bl.	8,17	4	15	7	313	0,04	1	„ „ „
26	Calciumarseniat 100 „ 60 „	8,92	2	18	9,5	439	0,08	1	„ „ „
27	Calciumarseniat 50 „ 60 „	11,67	7	16	55	1 035	0,03	2	„ „ „
28	Esturmit 50 mg.	8,83	2	15	5	332	0,08	1	„ „ „
29	Aresin 50 mg.	10,1	2	17	8,2	600	0,04	1	„ „ „
30	Dusturan 50 mg.	10,33	2	16	4,1	415	0,12	1	„ „ „
31	Calciumarseniat 50 mg. (Zuerst mit Wasser bespritzt, 60 Blätter)	7,75	5	13	3,6	363	0,06	1	„ „ „
32	Kontrollversuch. 60 Blätter .	17,25	2	35	69,4	2 220	—	2	„ „ „
33	Ohne Nahrung	4,83	1	6	—	67	—	—	—

[1]) Wo nicht im Text andere Zahlen angegeben sind.

sondern auch von außen wirkt. In den Versuchen mit starker Giftdosis waren nämlich die Käfer außen ganz mit Giftstaub eingepudert und schon am 2. Tag lagen die meisten von ihnen auf dem Rücken und rührten sich kaum mehr, jedenfalls gingen die mit Gift bestäubten Käfer stets viel schneller zugrunde als die, die das Gift nur durch den Magen aufgenommen hatten (im letzten Fall wurden zuerst die Futterzweige mit den Arsenmitteln bestäubt und dann die Versuchstiere darauf gesetzt.) S. Tab. I, Versuche 7, 11 usw. Das gleiche haben auch bereits Sachtleben[1]) und Zimmermann beobachtet. „Sehr häufig fielen die Käfer, die von der Verstäuberwolke getroffen wurden, von den Bäumen herab. Meist waren sie ganz fein bestäubt und flogen wieder auf, offenbar ohne besonders belästigt zu sein. Nur einzelne besonders stark bestäubte Tiere blieben am Boden oder auf dem Bestäuber liegen."

Wie zu erwarten war, zeigten sich bei den Versuchen mit mehlartiger Bestäubung auch viel geringere Fraßspuren als bei den Versuchen mit schwacher Dosis. So hatten z. B. in Versuch Nr. 25 (Tab. I) bei starker Anwendung von Calciumarseniat 10 Käfer nur 7 Blätter gefressen und 313 mg Kot abgelegt. Bei schwacher Dosis hatte dieselbe Zahl von Käfern 55 Blätter gefressen und der Kot ein Gewicht von 1035 mg (Versuch Nr. 27). Die Erklärung hierfür ist leicht zu geben: bei starker Bestäubung nehmen die Versuchstiere in viel kürzerer Zeit die minimale tödliche Dosis auf als bei schwacher Bestäubung.

Aber auch die schwachen Dosen haben auf die Käfer verhältnismäßig sehr gut gewirkt, vorausgesetzt, daß unter dem Futter sich kein unbestäubtes Blatt befand.[2]) Die Maikäfer reagierten sogar noch auf so kleine Dosen wie 50 mg auf 60 Buchenblätter. So betrug bei dem Versuch Nr. 20 mit Esturmit (Tab. I) die mittlere Lebensdauer bis zum Tode der Käfer nur 7,5 Tage, die maximale 14 Tage bei einem Futterverbrauch von 3 Blättern, während im Kontrollversuch die mittlere Lebensdauer 17,25 Tage betrug, die maximale 35 Tage und 69,4 Blätter gefressen wurden. Das gleiche gilt auch für den Versuch mit Dusturan (Tab. I, Versuch Nr. 24), mit Aresin (Versuch Nr. 21) und Calciumarseniat (Nr. 31).

Von großer Bedeutung ist die Entscheidung der Frage, ob die Käfer das bestäubte Futter meiden, wenn ihnen auch unbestäubtes Futter zur Verfügung steht. Denn, muß diese Frage bejahend beantwortet werden, so ist die Maikäferbekämpfung mit Staubmitteln wenig aussichtsreich, namentlich im Hinblick auf das Flugvermögen der Käfer. Zu diesem Zweck habe ich noch folgende Versuche angestellt: in einen Zylinder stellte ich ein Wassergefäß mit 2 Zweigen, von denen der eine

[1]) Sachtleben, H., Dieselbe Arbeit. S. 38 u. 39.

[2]) Dagegen, wie wir später sehen werden, reagieren andere Forstschädlinge (*Lymantria monacha*, *L. dispar*, *Bupalus piniarius*) in den letzten Raupenstadien auf kleine Arsendosen nur sehr wenig.

stark mit Gift bestäubt war, der andere nicht. Auf jeden Zweig setzte ich dann die gleiche Anzahl Käfer, die nicht gehungert hatten. Es hat sich nun gezeigt, daß die Käfer in der Tat die bestäubten Blätter meiden. Während die unbestäubten Blätter bis auf die Rippen gefressen waren, waren an den bestäubten Blättern nur ganz geringe Fraßspuren zu bemerken. Im ersten Fall (mit 20 Käfern) waren von dem bestäubten Futter 0,5 Blätter gefressen und von dem unbestäubten 2 Blätter (Tab. I, Versuch Nr. 4), im zweiten Fall (mit 20 Käfern) waren von dem bestäubten Futter 0,4 Blätter gefressen und von dem unbestäubten 15,3 Blätter (Versuch Nr. 15). Dieselben Verhältnisse zeigte auch ein Versuch, den ich im Garten des Institutes anstellte. Dort hatte ich an einer Buche einen Zweig an seinem oberen Teil mit Esturmit stark bestäubt und seinen unteren Teil unbestäubt gelassen (die Grenze machte ich durch eine Schnur kenntlich). Auf den Zweig hatte ich 30 Käfer gesetzt und den ganzen Zweig in Mullgaze eingehüllt, damit ihn die Käfer nicht verlassen konnten. Auch hier waren die unbestäubten Blätter ganz abgefressen, während die bestäubten fast unberührt blieben.

Die Angaben Sachtlebens scheinen in einem gewissen Widerspruch mit meinen Beobachtungen zu stehen. Doch zeigte sich auch bei ihm in einem Fall, „daß die unbestäubte Hälfte der Kastanienblätter weit stärker befressen war als die bestäubte." Bei einem meiner Versuche haben allerdings Maikäfer[1]) sehr schwach bestäubte Blätter angenommen (Versuch Nr. 27 der Tab. I). Hier hatte ich einen kleinen Buchenzweig sehr schwach mit Calciumarseniat bestäubt. Das Ergebnis war: von 12 Käfern 55 Blätter gefressen und 1035 mg Kot abgegeben. In anderen Versuchen dagegen mit anderen Staubmitteln wurde nicht einmal die Hälfte der obigen Zahlen erreicht. Dieser scheinbare Widerspruch erklärt sich dadurch, daß das Calciumarseniat eine viel geringere Haftfähigkeit besitzt als alle anderen Arsenmittel (s. S. 88) und bei der geringsten Erschütterung von den Zweigen fällt. Durch das Hin- und Herbewegen haben die Käfer einen großen Prozentsatz des verstäubten Giftes von den Zweigen geschüttelt. Können nicht vielleicht ähnliche Umstände das Resultat Sachtlebens beeinflußt haben?

Dagegen zeigten die von Sachtleben im Freien gemachten Beobachtungen, daß die vermutete Abschreckung der Käfer durch die Bestäubung ihrer Fraßbäume nicht festgestellt werden konnte. Mit Esturmit sehr stark behandelte Eichen zeigten starken Käferbesatz und teilweisen Kahlfraß. Worauf diese Erscheinung zurückzuführen ist, ist mir nicht klar. Der starke Käferbesatz der Bäume läßt sich noch dadurch erklären, daß die Schwärme wechselten, aber der durch sie hervorgerufene Kahlfraß ist nicht klar. Vielleicht vermeiden im Freien die Käfer die bestäubten

[1]) Natürlich handelte es sich in allen diesen Versuchen um solche Käfer, die vorher nicht gehungert hatten.

Bäume wirklich nicht, oder, was wahrscheinlicher ist, spielen dabei noch andere unbekannte Umstände eine wesentliche Rolle.

Zum Zweck der Feststellung, wie das Gift auf Männchen und Weibchen von Maikäfern wirkt, hatte ich verschiedene Versuche mit der gleichen Anzahl von beiden angesetzt. Alle Versuche (Tab. I, Nr. 7 mit 33) zeigten ein und dasselbe an: Weibchen und Männchen reagieren ganz gleich auf das Gift. Es hat sich in keinem Fall gezeigt, daß Männchen schneller eingingen als Weibchen oder umgekehrt.

Mit bestäubtem Futter ernährte Käfer, welche später sichtlich an Vergiftungserscheinungen zugrunde gegangen waren, haben normalerweise ganz gesund erscheinende Eier abgelegt, sogar in den Fällen, wo die Blätter stark mit Gift bestäubt waren (Tab. I).[1]) Über dieselbe Beobachtung berichtet auch Sachtleben.[2]) „Die Eiablage begann zur gleichen Zeit und war gleich groß wie in den unbehandelten Zuchtgläsern." Zur Erklärung dieser Tatsache weist Sachtleben darauf hin, daß auch normale Käfer eine bestimmte Menge von Arsengehalt aufweisen. Zuccari[3]) hat gefunden, daß der humöse Bestandteil des Bodens, wovon sich die Engerlinge ernähren, 0,187—6,000 mg Arsen pro 100 g Boden enthält.

Obwohl der Körper der Maikäfer, wie gesagt, überhaupt etwas Arsen enthält, konnte man durch Untersuchung doch feststellen, daß die Käfer durch Fraß Gift aufgenommen hatten. In allen Käfern, die bei den Versuchen mit bestäubtem Futter eingegangen waren, war der Arsengehalt ein viel höherer (0,02—0,2 mg Arsen pro Käfer) als bei gesunden Käfern. Jedoch war kein Unterschied in der Arsenmenge zu erkennen zwischen Käfern aus Versuchen mit stark bestäubtem oder schwach bestäubtem Futter (Tab. I). (Sachtleben[4]) hat in 19 gesunden Käfern — ganze Käfer untersucht — nur 0,08 mg As_2O_3 festgestellt.)

Die vergifteten Käfer zeigten ganz charakteristische Merkmale. Die ersten Vergiftungserscheinungen drückten sich darin aus, daß die Käfer weniger fraßen, sehr träge in der Bewegung wurden und auf äußere Reize nicht mehr so stark reagierten (Berührung mit Stäbchen oder Finger). Im weiteren Verlauf hörten sie ganz zu fressen auf und fielen zu Boden. Jetzt konnte man bereits die Lähmung der Extremitäten feststellen. Auf Berührung antworteten die Käfer nur mehr durch Bewegen der Fühler und des vorderen Beinpaares. Manche versuchten sich mit Hilfe der Vorderbeine vorwärts zu schieben, was sie aber bald wieder

[1]) Ob solche Eier Larven ergeben, konnte ich nicht feststellen, weil sie aus verschiedenen Gründen nicht weitergezüchtet wurden.

[2]) Sachtleben, H., Dieselbe Arbeit. S. 37.

[3]) Zuccari, Über die Gegenwart von Arsen als normaler Bestandteil des Bodens. Gazzetta chimica italiana 42, II. Padua 1913. S. 398—403. Ref.: Chem. Zentralbl. 85. Jahrg. I, 1. Berlin 1914. S. 178.

[4]) Sachtleben, H., Dieselbe Arbeit. S. 40.

aufgaben. Zuletzt griff die Lähmung auf alle Extremitäten über, nur die Fühler waren noch schwach beweglich und die Käfer gingen zugrunde.

Bezüglich der Wirksamkeit der verschiedenen Arsenmittel auf Maikäfer konnte ich zu keinem klaren Bild kommen. Keines der 4 Mittel, mit denen ich Versuche anstellte, hat sich als überlegen erwiesen, sie waren alle gleich (Tab. I, Versuch 13, 14, 18, 20 mit 27) — im Gegensatz zu anderen Insekten wie z. B. *Lymantria monacha*, *L. dispar* und *Bupalus piniarius* (s. unten).

Bemerkenswert ist auch, daß bei sehr starker Bestäubung die Blätter sehr schnell welkten, besonders die jungen. Schon am 2. Tag nach der Bestäubung waren die Blätter teilweise gewelkt, am 3. Tag ganz, und sie fingen dann an sich zu bräunen. Diese Beobachtung konnte ich auch bei den Versuchen mit *Lymantria dispar* machen, wo ich ebenfalls Buchenblätter verwendet habe. Auch bei Fichte (Nonne) fingen die jungen Maitriebe an schnell zu verwelken, wenn sie mehlartig bestäubt waren.

Allerdings muß man bei einer allgemeinen Beurteilung berücksichtigen, daß die Wirkung all dieser Mittel im Freien den Laboratoriumsversuchen gegenüber etwas verschieden ist. Einmal dadurch, daß es draußen nur selten möglich sein wird, die Bäume so dicht und gleichmäßig zu bestäuben, wie im Zuchtglas, und zum andernmal spielen auch Wind, Niederschläge und das Schwärmen der Käfer eine wesentliche Rolle, zumal bei geringer Haftfähigkeit. Durch das Niederlassen der schweren Käfer auf die Bäume, durch das Hin- und Herbewegen auf den Blättern und durch das Auffliegen fällt ein Teil des Giftes herunter. So schreibt Sachtleben[1]), daß dort, wo die Käfer auch tagsüber lebhaft die stark bestäubten Eichen umschwärmten, von diesen Eichen ständig ein feiner Esturmitnebel zu Boden ging. Die von ihm in Kuppentin geleitete Maikäferbekämpfung hat gezeigt, „daß die Wirkung eines calciumarsenhaltigen Staubmittels im Freien noch geringer ist als im Zuchtglase". Schließlich kommt er zu der Ansicht, die auch Pustet und Sell[2]) vertreten, daß die Anwendung der Staubmittel gegen Maikäfer in der Praxis unrentabel ist.

Sehr wichtig ist auch noch die Tatsache, daß im Freien die Maikäfer bei Eintritt kalter Witterung zu fressen aufhören. Die Bekämpfung muß dann im Mai durchgeführt werden, zu welcher Zeit durch das rasche Entfalten der Knospen und Wachstum der Blätter täglich soviel neue und unbestäubte Fraßoberflächen erscheinen, daß die Bestäubung häufig wiederholt werden mußte.

---

[1]) Sachtleben, H., Dieselbe Arbeit. S. 33.

[2]) Pustet und Sell, Verspricht die Bekämpfung der Maikäfer mit gifthaltigen Verstäubungsmitteln vom Flugzeug aus Erfolg? Prakt. Blätter f. Pflanzenbau und -schutz. VI. S. 25—29. Mai 1926.

Schlußfolgerungen.

Die Ergebnisse der Versuche und Beobachtungen mit *Melolontha vulgaris* seien im folgenden nochmals kurz zusammengefaßt:

1. Die Maikäfer meiden in der Regel bestäubtes Futter. Nur, wenn sie längere Zeit gehungert haben (im Versuch), gehen sie durch Hunger getrieben auch an solches. Sie sterben dann an Vergiftung, wozu sogar eine geringe Bestäubung ausreichend ist.
2. Befinden sich unter den bestäubten Blättern auch unbestäubte, so fressen sie zuerst die unbestäubten und nehmen die bestäubten nur dann an, wenn sie hungern.
3. Auf die Fortpflanzung übt scheinbar das durch Fraß aufgenommene Arsen keine Wirkung aus (Sachtleben). Die Käfer legen normale Eier ab. (Die Eier wurden nicht weitergezüchtet.)
4. Männchen und Weibchen der Käfer reagieren ganz gleich auf Arsen.
5. Bei der Wirkung des Arsens auf die Käfer ist ihre Bepuderung von außen von sichtlicher Bedeutung, indem solche Käfer schneller eingehen als die, die das Gift nur mit dem Futter innerlich aufgenommen haben.
6. Die durch das Arsen hervorgerufenen Vergiftungserscheinungen an den Käfern sind sehr charakteristische. In den vergifteten Käfern wurde ein Arsengehalt von 0,02—0,2 mg pro Käfer konstatiert.
7. Geringe Haftfähigkeit der Staubmittel, ferner Niederschläge, Wind, Aufhören des Käferfraßes bei kalter Witterung, Entfaltung der Knospen und rasches Wachstum der Blätter im Mai, bedeuten ungünstige Umstände für die Bekämpfung und machen diese unrentabel.
8. Starke Bestäubung ruft ein rasches Welken der Blätter hervor, besonders bei den jungen.

Zusammenfassend können wir sagen, daß die Arsenbekämpfung des Maikäfers die bisher angewandte Methode des Sammelns, wenigstens nach dem heutigen Stand, nicht zu ersetzen vermag.

2. Schwammspinner, *Lymantria dispar* L.

Die Zuchttiere für diese Versuche habe ich aus Eiern selbst gezüchtet. Leider habe ich aber die Versuche zu spät angefangen (die Raupen waren sehr früh geschlüpft), so daß ich gleich mit dem III. Raupenstadium beginnen mußte.

III. und IV. Stadium.

Aus Mangel an Material konnte ich mit diesen beiden Stadien im ganzen nur 7 Versuche mit je 12 Raupen anstellen und nur mit einem Staubmittel, nämlich Esturmit.

Die Raupen im III. und IV. Stadium zeigten eine sehr große Sterblichkeit; in allen Bestäubungsversuchen gingen sie restlos zugrunde (Tab. II),

Tabelle II.

Lymantria dispar L. Je 12 Raupen. (III. Stadium — 13 mm und IV. Stadium — 15 mm.

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	% zur Imago entwickelt	Gefressen Blätter	Kotmenge mg	Arsengehalt pro Raupe mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
1	1	Esturmit 1000 mg. 80 Blätter. IV. Stadium	3,33	2	5	100	—	—	0,46	13	0,012	1	
2	2	Esturmit 1000 mg. 80 Blätter. III. Stadium	4,42	2	12	100	—	—	0,6	26	0,003	1	
3	3	Esturmit 500 mg. 80 Blätter. III. Stadium	4,83	1	16	100	—	—	0,85	35	0,003	1	
4	4	Esturmit 1500 mg. 80 Blätter. III. Stadium	3,75	2	11	100	—	—	0,33	10	0,007	1	
5	5	Esturmit 250 mg. 80 Blätter. III. Stadium	6,67	3	17	100	—	—	1,4	42	0,011	1	
6	6	Kontrollversuch. 80 Blätter. III. und IV. Stadium . .	—	—	—	—	100	100	230	3640	—	4	Haben Eier abgelegt.
7	7	Ohne Nahrung. III. und IV. Stadium	12,5	9	22	100	—	—	—	—	—	—	

während in den Kontrollversuchen sich alle gesund verpuppt und Falter ergeben haben (Tab. II, Versuch 6).

Sehr starke Dosen von Esturmit wirkten sehr rasch. Besonders war das zu beobachten an Raupen des IV. Stadiums, wo die Blätter im Versuch mehlartig bestäubt waren. Hier betrug die mittlere Lebensdauer der Raupen 3,33 Tage, die maximale Lebensdauer 5 Tage, bei einem Futterverbrauch von 0,46 Blättern (Tab. II, Versuch 1).

Die Versuche mit Raupen des III. Stadiums zeigten ähnliche Ergebnisse. Die Unterschiede, die sich in bezug auf die mittlere (4,42 Tage) und maximale Lebensdauer (12 Tage), Fraßmenge (0,6 Blätter) und Kotmenge (26 mg) ergeben haben (vgl. Versuch Nr. 2 mit Nr. 1), sind dadurch zu erklären, daß im Versuch Nr. 2 — mit Raupen im III. Stadium — sich die Raupen gehäutet haben. Diese Häutung hat die Lebensdauer verlängert, weil die Raupen vor der Häutung zu fressen aufhören. Auf diese Weise läßt sich auch das späte Eingehen einiger Versuchstiere im Versuch Nr. 4 erklären, obwohl ich hier mit sehr starken Dosen gearbeitet habe (1500 mg Esturmit auf 80 Blätter). So z. B. waren hier am 3. Tag nur noch die Raupen am Leben, welche sich während des Versuches gehäutet haben. Auch in den Versuchen mit anderen Raupen (*Lymantria*

monacha und *Bupalus piniarius*) haben die sich während des Versuchs mit bestäubtem Futter häutenden Raupen stets länger gelebt als andere.

Die kleineren Arsendosen haben keinen großen Unterschied in der Wirkung gezeigt. Die meisten Raupen gingen zwar später ein, haben mehr Blätter gefressen und dementsprechend mehr Kot abgegeben (z. B. im Versuch Nr. 3 — 500 g Esturmit auf 80 Blätter —, wo etwas mehr als die Hälfte der Blattoberfläche bestäubt war, wurden von 12 Raupen 0,85 Blätter gefressen und 35 mg Kot abgegeben; die maximale Lebensdauer betrug hier 16 Tage), jedoch gingen alle Raupen dieses Versuchs durchschnittlich schon nach 4,83 und 6,67 Tagen zugrunde.

Damit ist die Wirkung des Giftes als eine sehr gute zu bezeichnen, wie ich schon oben erwähnt habe. Im Kontrollversuch waren 80 Blätter zusammen gefressen und der ganze Boden mit Kot bedeckt (Tab. II, Versuch 6), während in der gleichen Zeit im Versuch mit bestäubtem Futter nur sehr wenig gefressen wurde (s. oben).

Um zu sehen, ob die Raupen in den obigen Versuchen vielleicht durch Hunger eingegangen sind, habe ich eine Anzahl Raupen ohne Futter gehalten. Von diesen starb die erste am 9. Tag, und einige haben sogar 22 Tage gelebt (Tab. II, Versuch 7), während im Versuch mit bestäubtem Futter die ersten Raupen schon nach 1—2 Tagen eingegangen waren (nur einige, d. h. solche, die sich häuteten, haben 16 und 17 Tage gelebt). Jedenfalls haben darnach die Raupen nicht wie beim Maikäfer nur durch Hunger getrieben die bestäubten Blätter angegangen.

Bei allen Raupen, die durch Fraß von bestäubtem Futter zugrunde gegangen waren, war Arsengehalt von 0,003—0,012 mg pro Raupe nachgewiesen worden.

V. Stadium.

Mit diesem Raupenstadium wurden im ganzen 14 Versuche mit je 10 Raupen angestellt und zwar mit verschiedenen Staubmitteln.

Da die Raupen im V. Stadium doppelt soviel fressen als die des IV. — eine Raupe im V. Stadium frißt an einem Tag ein ganzes Buchenblatt, dagegen eine solche im IV. Stadium nur 0,58 Blätter (Tab. III, Versuch Nr. 18) — möchte man annehmen, daß das Gift auch desto schneller auf sie einwirken würde. Dem ist aber nicht so, sie haben sich vielmehr als viel widerstandsfähiger erwiesen.

Sogar bei mehlartiger Bestäubung (Tab. III, Versuch Nr. 8, 10, 12 und 14) haben sie lange gelebt, eine große Menge von Blättern gefressen und ein Teil sich verpuppt. Z. B. im Versuch Nr. 8 hatten die Raupen (bei mehlartiger Bestäubung mit Esturmit) eine mittlere Lebensdauer von 17,56 Tagen, eine maximale von 36 Tagen; gefressen hatten sie 22,1 Blätter verpuppt haben sich 10%. Bei dem Versuch mit Aresin in gleicher Dosis kamen 80% der Raupen zur Verpuppung, dabei war die mittlere Lebensdauer 11,7 Tage, die maximale 17 Tage bei einem Nahrungsverbrauch von

31,3 Blättern usw. Hierzu muß ich bemerken, daß infolge des starken Nahrungsbedarfes in allen Versuchen 2- bis 3mal das bestäubte Futter erneuert werden mußte.

Die geringere Wirkung des Arsens kann also nicht darauf zurückgeführt werden, daß die Raupen das bestäubte Futter meiden würden, da sogar bei starker Dosierung der Futterverbrauch, wie schon erwähnt, sehr hoch ist. Auch die charakteristischen Vergiftungserscheinungen sprechen dafür, daß die Raupen tatsächlich an dem Gift starben. Es bleibt also nur die Vermutung übrig, daß mit zunehmendem Wachstum der Raupen auch die tödliche Minimaldosis größer wird.

Das Ansteigen der tödlichen Minimaldosis mit dem Wachstum der Raupen (im V. Stadium) wird auch teilweise dadurch bestätigt, daß Raupen, die nach ein- und zweitägigem Fraß von mit Calciumarseniat mehlartig bestäubtem Futter (Tab. III, Versuch Nr. 14) wieder auf gesundes Futter gesetzt wurden, eine sehr geringe Sterblichkeit aufwiesen,[1]) nur 10% (Tab. III, Versuch 17 und 20), während von den im Versuch Nr. 14 belassenen Raupen 80% gestorben waren. Daraus folgt, daß sogar bei starker Bestäubung das Gift nach 1- und 2tägiger Einwirkung auf die Raupen des V. Stadiums nicht vernichtend wirkt, sondern erst nach längerer Zeit (Maximum 31 bis 36 Tage) und bei 2- bis 3maligem Austausch von frisch bestäubtem Futter (Tab. III).

Andererseits lassen die Ergebnisse der Versuche Nr. 17 und 20 darauf schließen, daß gesundes Futter sehr wahrscheinlich gewissermaßen heilend auf bereits etwas vergiftete Raupen wirkt. Für diese Vermutung spricht, daß in diesen Versuchen am Leben gebliebene Raupen große Mengen von gesundem Futter gefressen haben, sogar mehr als normalerweise, was uns auch zu der Annahme kommen läßt, daß die Raupen des V. Stadiums beim Fraß des bestäubten Futters zurückhaltend sind.

Die Beobachtung von Raupen an bestäubten Blättern am 1. Tag zeigt, daß sie verhältnismäßig wenig fressen und daß demnach die Raupen im V. Stadium erst vom Hunger getrieben anfangen mehr zu fressen. Damit lassen sich teilweise die Ergebnisse der obengenannten Versuche Nr. 17 und 20 erklären, wo in beiden Fällen 10% zugrunde gegangen waren und 90% zur Verpuppung kamen; die Fraßmenge im ersten Fall betrug 116,3 Blätter und im zweiten Fall 104,4 Blätter. In der Kotmenge zeigte sich fast gar kein Unterschied (8150 mg und 8105 mg).

Zur Klärung der Frage, ob die Raupen das bestäubte Futter meiden oder nicht, habe ich 2 Versuche angestellt. In beiden Fällen waren als Futter je 2 Zweige verwendet, von denen der eine bestäubt war, der andere nicht. Der Unterschied im Versuch bestand nur darin, daß im einen Fall (Tab. III, Versuch Nr. 16) alle Raupen auf den un-

[1]) Dagegen waren die Raupen früherer Stadien schon nach 1—2 Tagen in Versuchen mit bestäubtem Futter größtenteils zugrunde gegangen (Tab. II).

Tabelle III.

Lymantria dispar L. Je 10 Raupen. (V. Stadium — 45 mm.)

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	% zur Imago entwickelt	Gefressen Blätter	Kotmenge mg	Arsengehalt pro Raupe mg	Arsengehalt pro Puppe mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
1	8	Esturmit 150 mg. 50 Blätter . .	17,56	3	36	90	10	—	22,1	1165	0,023	0,02	3	
2	9	Esturmit 50 „ 50 „ . .	16,5	7	25	60	40	30	65	3425	0,035	0,035	2	Haben Eier abgelegt.
3	10	Aresin 150 mg. 50 Blätter . . .	11,5	6	17	20	80	40	31,3	2815	0,04	0,008	2	„ „ „
4	11	Aresin 50 „ 50 „ . . .	—	—	—	—	100	90	133,1	7350	—	0,008	3	„ „ „
5	12	Dusturan 150 mg. 50 Blätter . .	18	4	28	40	60	20	51,9	2506	0,02	0,004	2	„ „ „
6	13	Dusturan 50 „ 50 „ . .	—	—	—	—	100	80	102,2	5950	—	0,05	3	„ „ „
7	14	Calciumarseniat 150 mg. 50 Blätter	19,63	7	31	80	20	—	13,7	915	0,017	0,004	3	
8	15	Calciumarseniat 50 „ 50 „	25,67	19	37	60	40	20	23,6	1721	0,05	0,004	3	Kein Weibchen.
9	16	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? . . .	23	29	17	20	80	70	57	3130	0,03	0,025	2	Haben Eier abgelegt.
10	17	Aus Versuch Nr. 14 nach 1 Tage auf nicht bestäubtes Futter gesetzt .	2	2	2	10	90	60	116,3	8150	0,01	0,015	3	„ „ „
11	18	Kontrollversuch. 50 Blätter . . .	—	—	—	—	100	100	123	9350	—	—	3	„ „ „
12	19	Ohne Nahrung	8.71	6	13	70	30	30	—	77	—	—	—	Kein Weibchen.
13	20	Aus Versuch Nr. 14 nach 2 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt .	4	4	4	10	90	80	104,4	8105	0,02	0,02	3	Haben Eier abgelegt.
14	21	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? . . .	24,5	5	33	40	60	30	best. 26,4 | unb. 34	4430	0,017	0,011	2	„ „ „

bestäubten Zweig, im andern alle auf den bestäubten Zweig (Tab. III, Versuch Nr. 21) gesetzt worden waren. Die Raupen fraßen zuerst die unbestäubten Blätter und gingen erst dann auf die bestäubten über. Interessant ist, daß auch in dem Fall, bei dem die Raupen zuerst auf den bestäubten Zweig gesetzt wurden, diese auf den unbestäubten übergewandert sind, diesen kahlgefressen haben und dann wieder auf den bestäubten Zweig zurückwanderten, der dann ebenfalls kahlgefressen wurde.

Wo es sich um die Anwendung minimaler Giftdosen handelte, war die Wirkung auf die Raupen dieses Stadiums sehr gering. Oft haben sich mehr als die Hälfte und manchmal sogar alle Raupen, je nach der Wirksamkeit der verschiedenen Staubmittel, verpuppt, bis dahin große Mengen von Blättern verzehrt und viel Kot abgegeben. So z. B. kamen im Versuch mit Aresin (Tab. III, Versuch Nr. 11) alle Raupen zur Verpuppung, hatten 133,1 Blätter gefressen und 7350 mg Kot abgelegt. Eine Ausnahme macht der Versuch mit Calciumarseniat, das auch bei schwacher Dosierung noch genügend gewirkt hat (Versuch Nr. 15). Die geringe Wirkung schwacher Dosen hat sich auch darin geäußert, daß die Raupen in solchen Versuchen im Durchschnitt viel später zugrunde gingen als bei starken Dosen.

Was die Wirkung des von den Raupen aufgenommenen Giftes auf die Puppen betrifft, so hatten sich z. B. im Versuch Nr. 10 von 10 Raupen 80% verpuppt und nur 40% zur Imago entwickelt, mit anderen Worten die Hälfte der vorhandenen Puppen war zugrunde gegangen. In einem anderen Versuch (Tab. III, Versuch 13) haben von allen verpuppten Raupen 80% Imago gegeben. In ähnlicher Weise sind auch die Versuche ausgegangen, bei denen die Raupen nach 1- und 2tägigem Fraß an stark bestäubtem Futter auf unbestäubtes Futter versetzt wurden. Auch hier hat ein Teil der Raupen keine Imago ergeben (Tab. IV, Versuch 17 und 20).

In der Entwicklungsdauer solcher Puppen hat sich keine Abweichung von der normalen Entwicklungszeit ergeben. In allen Fällen, in denen die Raupen sich verpuppten, schlüpften aus den Puppen nach 22 bis 26 Tagen Falter, wie es auch in den Kontrollversuchen der Fall war (Tab. IV). Dabei haben die Falter ganz normal gelebt, kopuliert und normalerweise Eier abgelegt. Zu den gleichen Ergebnissen war auch Speyer[1]) gekommen, bei dem aus Versuchen mit vergiftetem Futter stammende Falter „kopulierten und die Weibchen in normaler Weise ihre Eierschwämme ablegten". Aber aus den Eiern von solchen Faltern erhielt der Genannte dann nicht ein Räupchen, während aus den Eiern der Kontrollversuche Hunderte von Räupchen schlüpften.

Bei meinen Versuchen kann ich noch kein Urteil darüber abgeben, weil diese Eier erst im Frühjahr 1927 zum Schlüpfen kommen. Aber

[1]) Speyer, Ein Beitrag zur Wirkung der Arsenverbindungen auf Lepidopteren. Zeitschr. f. angew. Ent. Bd. X. H. 3. S. 398.

Tabelle IV.

Lymantria dispar L. Je 10 Raupen. (V. Stadium.)

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Zahl der Puppen	Zahl der abgestorbenen Puppen	Zahl der geschlüpften ♀♀	Zahl der geschlüpften ♂♂	Wieviel ♀♀ haben Eier abgelegt?	Nach wieviel Tagen sind die Falter geschlüpft?	Bemerkungen
1	(8)	Esturmit 150 mg. 50 Blätter . .	1	1	—	—	—	—	Eine tote Puppe zur Untersuchung auf Arsengehalt geschickt.
2	(9)	Esturmit 50 „ 50 „ . .	4	1	1	1	1	22—24	Eine gesunde Puppe zur Untersuchung auf Arsengehalt geschickt.
3	(10)	Aresin 150 mg. 50 Blätter . . .	8	4	2	1	2	22—24	„ „ „ „ „ „ „ „
4	(11)	Aresin 50 „ 50 „ . . .	10	1	5	3	4	22—24	„ „ „ „ „ „ „ „
5	(12)	Dusturan 150 mg. 50 Blätter . .	6	4	1	—	—	24	„ „ „ „ „ „ „ „
6	(13)	Dusturan 50 „ 50 „ . .	10	2	3	4	3	24—25	„ „ „ „ „ „ „ „
7	(14)	Calciumarseniat 150 mg. 50 Blätter	2	2	—	—	—	—	Eine tote Puppe zur Untersuchung auf Arsengehalt geschickt.
8	(15)	Calciumarseniat 50 „ 50 „	4	2	—	2	—	24	„ „ „ „ „ „ „ „
9	(16)	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht?. . .	8	2	2	3	1	22—26	Eine gesunde Puppe zur Untersuchung auf Arsengehalt geschickt.
10	(17)	Aus Versuch Nr. 14 nach 1 Tage auf nicht bestäubtes Futter gesetzt .	9	3	3	2	3	22—26	„ „ „ „ „ „ „ „
11	(18)	Kontrollversuch. 50 Blätter . . .	10	—	6	4	4	24—26	5—8 Raupen sind geschlüpft (X).
12	(19)	Ohne Nahrung	3	—	—	3	—	22—25	
13	(20)	Aus Versuch Nr. 14 nach 2 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt .	9	1	4	4	4	22—25	Eine gesunde Puppe zur Untersuchung auf Arsengehalt geschickt.
14	(21)	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht?. . .	6	3	1	1	1	22—24	„ „ „ „ „ „ „ „

einige Merkmale sprechen jetzt schon für Speyers Angaben. So waren z. B. im Kontrollversuch Nr. 18 (Tab. IV) schon im Herbst (Oktober 1926) 5—8 Räupchen geschlüpft — was bei Zuchten im Laboratorium sehr häufig vorkommt — während aus den Eiern von Zuchten mit vergiftetem Futter bis jetzt noch kein einziges ausgekommen ist.

Für Speyers Beobachtungen spricht auch die Feststellung von Arsengehalt in allen Puppen aus Versuchen mit bestäubtem Futter, der durchschnittlich 0,004—0,05 mg pro Puppe betrug. Selbstverständlich wurde auch in den vor der Verpuppung abgestorbenen Raupen Arsen festgestellt und zwar 0,017—0,05 mg pro Raupe. Damit ist gesagt, daß die Raupen im V. Stadium 1. einen höheren Arsengehalt aufwiesen als die des III. und IV. Stadiums (vgl. Tab. II mit Tab. III) — was wiederum den Beweis liefert, daß zur Vernichtung der Raupen im V. Stadium mehr Gift nötig ist, d. h. die minimale tödliche Dosis mit der Gewichtszunahme der Raupen gewachsen ist — und 2. einen höheren oder gleichen Arsengehalt als die Puppen (Tab. III, Versuch 8 und 9).

Die beste Wirkung von den 4 angewendeten Mitteln erzielte das Calciumarseniat. Bei mehlartiger Bestäubung (Tab. III, Versuch Nr. 14) waren 80% der Raupen gestorben und die übrigen Verpuppten ergaben keine Falter. Dabei war in diesem Versuch die geringste Menge von Blättern gefressen (13,7 Blätter) und auch die geringste Menge Kot (915 mg) abgegeben worden. Auch bei schwacher Bestäubung hat dieses Gift noch gut gewirkt. Von den Raupen hatten sich nur 40% verpuppt, von denen wiederum nur die Hälfte Falter schlüpften (Tab. III, Versuch 15).

Das Esturmit war in seiner Wirkung sowohl bei starker Bestäubung (Tab. III, Versuch 8) als auch bei schwacher Bestäubung (Versuch Nr. 9) ungefähr ähnlich, aber es steht dem Calciumarseniat insofern nach, als die Raupen hier mehr bestäubtes Futter gefressen haben. So betrug der Nahrungsbedarf im Versuch Nr. 8 22,1 Blätter, und der Kot hatte ein Gewicht von 1165 mg gegenüber 65 Blättern und 3425 mg Kot im Versuch Nr. 9.

Das Dusturan ergab schon schlechtere Resultate: im Versuch Nr. 12 (Tab. III) mit mehlartiger Bestäubung betrug die mittlere Lebensdauer 18 Tage, 60% verpuppten sich, von denen sich 20% zur Imago entwickelten und Eier ablegten. Bei schwacher Bestäubung war keine Raupe gestorben; dabei wurden 102,2 Blätter gefressen und 5950 mg Kot abgelegt. Aus den Puppen waren 80% Falter geschlüpft.

An letzter Stelle stand Aresin. Der Versuch Nr. 10 (Tab. III) mit starker Bestäubung ergab 40% Imago. Im Versuch Nr. 11 mit schwacher Bestäubung hatten sich alle Raupen verpuppt und 90% Imago ergeben. Dabei wurden sehr große Mengen von Futter verbraucht, nämlich 133,1 Blätter und 7350 mg Kot abgegeben.

In allen Versuchen mit bestäubtem Futter zeigten die Raupen sowohl des III. und IV. als auch V. Stadiums auffallende Vergiftungserscheinungen,

die sich zunächst darin äußerten, daß sie weniger fraßen (Tab. III, Versuch 14, 15 usw.), träger wurden und zumeist ruhig auf den Blättern saßen. Bei fortschreitender Vergiftung häuteten sich die Raupen nicht mehr, während sich in den Kontrollversuchen alle Raupen zu dieser Zeit gehäutet hatten. Stark vergiftete Raupen konnten sich nicht mehr verpuppen. So lebte z. B. im Versuch Nr. 15 (Tab. III) eine Raupe im V. Stadium 37 Tage und war dann gestorben, während in den Kontrollversuchen bereits nach 26 Tagen alle Raupen verpuppt waren (Tab. III, Versuch 18).

Abb. 3. An Vergiftung eingegangene Raupen von *Lymantria dispar* L. Orig. (phot. Seiff).

Vor dem Tode wurden die Raupen schlaff. Die meisten von ihnen hingen mit den hinteren Beinen an den Blättern, mit dem Kopf nach abwärts wie bei der Polyederkrankheit (Abb. 3) oder fielen zu Boden.

Nach dem Tode fingen die Raupen an, vom Abdomenende aus einzutrocknen, so daß das Abdomen immer spitzer wurde. Die Unterscheidung der an Vergiftung gestorbenen Raupen von verhungerten ist sehr leicht. Verhungerte Raupen waren eingeschrumpft und die Beine stark eingezogen, während vergiftete Raupen schlaff waren und die Beine seitlich wegstanden (Abb. 4).

Schlußfolgerungen.

Nachstehend seien die Ergebnisse der Versuche mit Raupen des III., IV. und V. Stadiums von *L. dispar* nochmals zusammengefaßt:

1. Auf die Raupen von *Lymantria dispar* im III. und IV. Stadium wirkt das Arsen vortrefflich; sogar bei schwacher Bestäubung gehen alle Raupen zugrunde.
2. Die Raupen des V. Stadiums dagegen zeigen große Widerstandsfähigkeit gegen Arsen. Sogar bei mehlartiger Bestäubung kommt ein Teil der Raupen zur Verpuppung und ergibt Falter, während die anderen erst nach 2—3maligem Austausch von frisch bestäubtem Futter zugrunde gingen. Die schwachen Dosen haben nur geringe Wirkung ergeben; in einigen Fällen haben sich sogar alle Raupen verpuppt.

3. Diese Widerstandsfähigkeit erklärt sich daraus, daß für dieses Stadium die minimale tödliche Dosis wesentlich größer ist als für das III. und IV. Stadium.
4. Die Raupen V. Stadiums fressen bei Vorhandensein von stark bestäubtem und unbestäubtem Futter zuerst letzteres und gehen dann erst das bestäubte an.
5. Ist nur stark bestäubtes Futter vorhanden, so fressen die Raupen des letzten Stadiums während der ersten 2 Tage verhältnismäßig

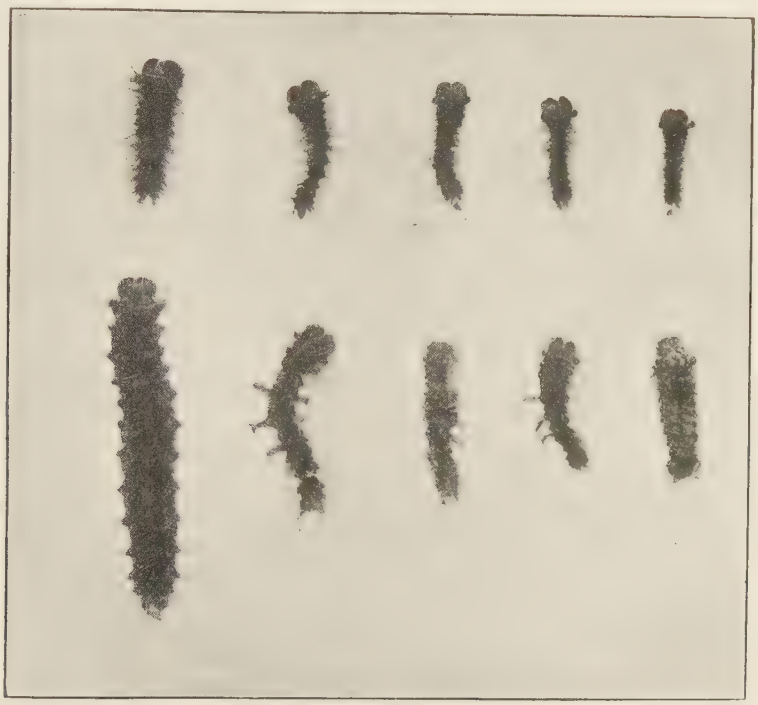

Abb. 4. Tote Raupen von *Lymantria dispar* L.
Obere Reihe: an Hunger gestorbene Raupen. Untere Reihe: an Vergiftung zugrunde gegangene Raupen.
Orig. (phot. Seiff).

wenig, dann auf unbestäubtes Futter gesetzt, fressen sie gierig; die meisten von ihnen erholen sich wieder und ergeben Puppen.

6. Trotzdem sich die Raupen des V. Stadiums als sehr widerstandsfähig erweisen, wirkt das aufgenommene Gift deutlich in den Puppen nach, von denen ein Teil zugrunde geht.
7. Das Gift übt aber keinerlei Einfluß auf die Entwicklungsdauer der Puppen, das Schlüpfen der Falter, die Kopulation der Falter und die Eiablage aus.
8. Sehr wahrscheinlich (Speyer) kommen aber die Eier von solchen aus Versuchen mit vergiftetem Futter stammenden Schmetterlingen nicht zur Entwicklung.

9. Durch die Häutung wird die Lebensdauer der Raupen in Versuchen mit bestäubtem Futter verlängert, weil sie während der Häutungsperiode keine Nahrung aufnehmen.
10. Die vergifteten Raupen gehen unter Erscheinungen zugrunde, die im allgemeinen an die Polyederkrankheit erinnern. Die durch Hunger eingegangenen Raupen lassen sich von giftverendeten Raupen leicht unterscheiden.
11. Arsengehalt war nicht nur bei den aus Versuchen mit bestäubtem Futter stammenden Raupen festgestellt, sondern auch bei Puppen. Dieser beträgt pro Raupe durchschnittlich 0,017—0,05 mg und pro Puppe 0,004 – 0,05 mg.
12. Von den 4 angewendeten Staubmitteln haben die besten Ergebnisse Calciumarseniat und Esturmit erzielt, eine weniger gute Wirkung war für Dusturan zu verzeichnen und die schwächste für Aresin.

3. Nonne (*Lymantria monacha* L.).

Die Versuchstiere hatte ich zuerst aus der Oberförsterei Behle-Schönlanke bekommen, dann aus Prötze und zuletzt von der Försterei Schneidemühl durch Herrn Dr. Schuberth. Die Raupen waren alle gesund. Niemals konnte ich an ihnen irgend welche Anzeichen von Polyederkrankheit bemerken.

I. Stadium.

Da die Sendungen sehr spät eingetroffen waren, standen mir nur mehr sehr wenig Raupen im I. Stadium zur Verfügung. Ich konnte daher im ganzen nur 6 Versuche mit je 4 Raupen anstellen. Alle Versuche wurden bei mittlerer Bestäubung ausgeführt, d. h. ca. $^3/_4$ der Nadeloberfläche war mit Gift bedeckt. Trotz dieser ungünstigen Umstände konnte man zu einigen allgemeinen Ergebnissen kommen.

Es hat sich gezeigt, daß die Nonnenraupen im I. Stadium eine gewisse Widerstandsfähigkeit (im Vergleich mit anderen Eiraupen, wie z. B. von *B. piniarius*) gegen Arsen besitzen. In allen Versuchen haben die Raupen verhältnismäßig lange gelebt; erst durchschnittlich nach 4—6 Tagen (maximale Lebensdauer 5—14 Tage) waren alle zugrunde gegangen (Tab. IV, Versuch 1—5). Dabei waren Fraßspuren und Kotmenge so gering, daß man sie kaum wahrnehmen konnte.

Zu ähnlichen Ergebnissen ist auch Walter[1]) gekommen. In seinen Versuchen mit Eiräupchen (2,5 mm Länge) an bestäubtem Futter haben diese 8 Tage gelebt; nur frisch geschlüpfte Eiräupchen (1,2 mm Länge) waren nach 6 Tagen zugrunde gegangen. Dasselbe wurde auch von

[1]) Walter, Gerh., Die Bekämpfung der Forleule und der Nonne in den Oberförstereien Biesenthal und Sorau im Jahre 1925, S. 68.

Tabelle V.

Lymantria monacha L. Je 4 Raupen. (I. Stadium — 5 mm).

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	Arsengehalt pro Raupe mg	Bemerkungen
1	1	Esturmit 20 mg. 8 Maitriebe . .	5,25	3	9	100	Spuren	
2	2	Aresin 20 mg. 8 Maitriebe . . .	5,21	1	11	100	„	
3	3	Dustuian 20 mg. 8 Maitriebe . .	6	2	14	100	„	
4	4	Calciumarseniat 20 mg 8 Maitriebe	4	2	6	100	„	
5	5	Höchst 20 mg. 8 Maitriebe . .	4	3	5	100	„	
6	6	Kontrollversuch 8 Maitriebe . .	—	—	—	—	—	Versuch abgebrochen.
7	7	Ohne Nahrung	8	7	9	100	—	

Krieg[1]) beobachtet. Bei ihm waren die frisch geschlüpften Räupchen alle erst nach 10 Tagen eingegangen.

Diese geringe Wirkung läßt sich dadurch erklären, daß die Eiräupchen überhaupt nur ein geringes Nahrungsbedürfnis haben und meistens wandern. Eiraupen, die ich ganz ohne Nahrung hielt, waren imstande, 7—9 Tage zu leben (Tab. V, Versuch 7). Daß die Eiräupchen überhaupt sehr wenig fressen, bestätigt auch der Kontrollversuch. Erst nach der 1. Häutung fangen die Raupen an mehr zu fressen und dadurch auch mehr Kot abzugeben.

Dieser Kontrollversuch und auch der Versuch mit hungernden Eiräupchen im Vergleich mit den Versuchen mit bestäubtem Futter beweisen, daß die Eiräupchen durch das Gift und nicht aus anderen Ursachen eingegangen sind. Im Versuch z. B. ohne Nahrung starben die Raupen durchschnittlich nach 8 Tagen, in den Versuchen mit bestäubtem Futter dagegen schon nach 4—6 Tagen (Tab. V). Außerdem wurden in allen diesen Räupchen Spuren von Arsen nachgewiesen. Auch waren an allen Versuchstieren merkliche Vergiftungserscheinungen zu beobachten (s. unten).

Die verschiedenen Staubmittel haben auch hier eine verschieden starke Wirkung auf die Raupen ausgeübt, wie ich es bereits bei *Lymantria dispar* feststellen konnte. Am besten gewirkt haben Calciumarseniat und „Höchst". Die Raupen in diesen Versuchen erreichten eine mittlere Lebensdauer von 4 Tagen, eine maximale von 5—6 Tagen (Tab. V, Versuche 4 u. 5). Gut waren auch die Resultate bei Esturmit und Aresin, aber

[1]) Krieg, Die Bekämpfung forstlicher Schädlinge durch Abwurf von Calciumarseniat vom Flugzeug. Anz. f. Schädlingskunde 1925, S. 97.

im Vergleich mit den beiden eben genannten Mitteln doch etwas schwächer. So betrug z. B. im Versuch Nr. 1 (Tab. V) die mittlere Lebensdauer 5,25 Tage, die maximale 9 Tage. An letzter Stelle stand Dusturan mit einer mittleren Lebensdauer von 6 Tagen und einer maximalen von 14 Tagen (Tab. V, Versuch 3).

Schlußfolgerungen.

1. Die Eiräupchen der Nonne gehen auf arsenbestäubtem Futter nicht so rasch zugrunde wie andere Eiräupchen (z. B. Spanner), weil sie nur sehr wenig fressen und dafür mehr wandern.
2. Von den verschiedenen Arsenstaubmitteln haben am besten Calciumarseniat und Höchst gewirkt, geringer Aresin, Esturmit und Dusturan.

II. Stadium.

Mit Raupen dieses Stadiums habe ich im ganzen 19 Versuche gemacht, davon 15 mit je 12 Räupchen und 4 mit je 4 Räupchen (Versuche mit Kiefernzweigen). Außer bei diesen letzteren 4 Versuchen habe ich als Futter Fichtenzweige mit Maitrieben gewählt.

Zahlreiche Versuche haben gezeigt, daß auf frisch gehäutete Raupen im II. Stadium das Gift schneller wirkt als auf ältere Raupen des gleichen Stadiums (Vgl. Tab. VI, Versuche 8, 9 und 10 mit 12, 14, 16 und 18[1]). Auf Grund dieser Tatsache sind wohl die Versuchsergebnisse von Krieg[2]) zu verstehen, bei dem Raupen im II. Stadium sehr bald an Arsen eingegangen waren (schon nach 5 Tagen). Wahrscheinlich hat er für seine Versuche frisch gehäutete Raupen genommen.

Im großen und ganzen hat das Gift auf die Raupen dieses Stadiums insofern gut gewirkt, als in keinem Vollversuch mit bestäubtem Futter auch nur eine Raupe zur Verpuppung gekommen ist, während in den Kontrollversuchen sich alle Raupen verpuppt haben, Imagines ergaben und normalerweise Eier ablegten (Tab. VI, Versuch 23). Bei starker Bestäubung haben die Raupen durchschnittlich 5—12,25 Tage gelebt (Tab. VI, Versuch 12, 14, 16 und 18). Bei schwacher Bestäubung war auch die Giftwirkung schwächer; die Raupen haben sehr lange gelebt (mittlere Lebensdauer 7,92—19,5 Tage — Tab. VI, Versuche 13, 15, 17 und 19), einige wurden sogar 40 Tage alt (Tab. VI, Versuch 17), so daß es nötig war, das bestäubte Futter 2—3mal auszutauschen.

Diese lange Lebensdauer in den Versuchen mit bestäubtem Futter kann man nicht dadurch erklären, daß die Raupen sich im Fressen zurückhielten, wie es bei den Raupen des I. Stadiums der Fall war; gegen

[1]) Die Ursache dieser Erscheinung ist darin zu suchen, daß die Raupen nach der Häutung rasch und gleich viel zu fressen anfangen, da sie während der Häutung nichts gefressen haben. Dabei muß man berücksichtigen, daß nach der Häutung der Magen leer ist und dadurch das aufgenommene Gift besser wirken kann.

[2]) Krieg, Dieselbe Arbeit.

diese Annahme spricht das Vorhandensein von Fraßspuren und großen Mengen Kot (Tab. VI).

Interessant waren die Ergebnisse der Versuche 21 und 22 der Tab. VI. In diesen Versuchen waren die Raupen aus Versuch Nr. 12 (stark mit Esturmit bestäubt) nach 1 und 2 Tagen auf unbestäubte Zweige verbracht worden. In diesem Fall war nur die Hälfte und noch weniger der Raupen zugrunde gegangen (Tab. VI, Versuch 22).[1]) Die anderen haben sich alle verpuppt und Imagines ergeben. So z. B. waren im Versuch Nr. 21 58 % Imagines geschlüpft und im Versuch Nr. 22 66,7 %. Die Raupen haben ganz normal gelebt, viel Futter gefressen und normale Mengen Kot abgelegt (im ersten Fall 8090 mg und im zweiten 14470 mg Kot). Jedenfalls übt also 1—2tägiger Fraß von stark bestäubtem Futter auf die Raupen keine starke Wirkung aus.

Diese Widerstandsfähigkeit, wie sie in Versuch 21 und 22 dargetan wird, ist aber nur eine scheinbare. Es hat sich nämlich gezeigt, daß die Raupen sich zwar anscheinend erholt haben und die Entwicklung zum Falter normal weiterschritt, daß die Falter auch Eier ablegten, aus denen aber dann keine Nachkommenschaft sich mehr entwickelte. So waren z. B. im Versuch Nr. 21, wo 58 % Imagines geschlüpft waren, deren Eier alle zugrunde gegangen. Dasselbe ist auch im Versuch Nr. 22 zu sagen, wo 66,7 % Imagines geschlüpft waren. (In den Kontrollversuchen waren 100 % Imagines geschlüpft, und die Eier zeigten ein gesundes Aussehen.) Das nur kurze Zeit mit dem Futter aufgenommene Arsen war also ausreichend, um die Entwicklung der Eier zu verhindern, wenn auch die Raupen des II. Stadiums nicht direkt Schaden gelitten hatten (Tab. X, Versuch 21 und 22).

Um zu sehen, ob das Arsen auf die Raupen abschreckend wirkt, wurde folgender Versuch gemacht: der obere Teil eines Futterzweiges wurde stark mit Esturmit bestäubt, der untere Teil nicht und die Raupen anfangs alle auf den unbestäubten Teil gesetzt (Tab. VI, Versuch 20). Trotzdem waren schon nach 3 Tagen einige Raupen auf den bestäubten Abschnitt des Zweiges gewandert und hatten dort gefressen, worauf sie zugrunde gingen. Schließlich folgten alle Raupen nach und gingen an der Vergiftung ein. Von den bestäubtem Futter wurde nicht soviel gefressen wie von dem unbestäubten — die Wirkung des Giftes hinderte sie daran — (es waren nur 2 Maitriebe von dem bestäubten Teil und 11 Maitriebe von dem unbestäubten Teil gefressen worden). Eine „fraßabschreckende Wirkung auf die Raupen bei Arsenpräparaten", wovon Sachtleben[2]) spricht, konnte nicht beobachtet werden.

[1]) Daß im Versuch 22 nach 2tägigem Fraß auf bestäubtem Futter weniger Raupen zugrunde gegangen waren als im Versuch 21 nach 1tägigem Fraß, beruht darauf, daß im Versuch 22 zufällig einige Raupen sich gerade in diesen 2 Tagen gehäutet haben.

[2]) Sachtleben, H., Forstschädlingsbekämpfung vom Flugzeug aus. Nachr. Bl. f. deutsch. Pflanzenschutzdst, Nr. 9, 1925, S. 73.

Tabelle VI.

Lymantria monacha L. Lfd. Nr. 1—4 je 4 Raupen, 5—19 je 12 Raupen. (II. Stadium — 8 mm.)

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	% zur Imago entwickelt	Gefressen Zahl der Maitriebe	Kotmenge mg	Arsengehalt pro Raupe mg	Arsengehalt pro Imago mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
1	8	Esturmit. Mehlartige Bestäubung. 5 Maitriebe. Kiefer	4,25	2	9	100	—	—	—	—	Spuren	—	1	
2	9	Aresin „ „ 5 „ „	2,5	1	4	100	—	—	—	—	„	—	1	
3	10	Calciumarseniat. Mehlart. Bestäub. 5 „ „	1,5	1	2	100	—	—	—	—	„	—	1	
4	11	Kontrollversuch. 5Maitriebe. Kiefer	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	1	Versuch abgebrochen.
5	12	Esturmit 70 mg. 15 Maitriebe. Fichte	8,59	2	19	100	—	—	$^1/_2$	63	0,007	—	2	
6	13	Esturmit 30 „ 15 „ „	19,5	4	32	100	—	—	1	238	0,013	—	2	
7	14	Aresin 70 „ 15 „ „	11,85	4	24	100	—	—	$^3/_4$	78	0,004	—	2	
8	15	Aresin 30 „ 15 „ „	18,95	6	33	100	—	—	$1^1/_2$	144	0,005	—	2	
9	16	Dusturan 70 „ 15 „ „	12,25	5	27	100	—	—	$^3/_4$	70	0,005	—	2	
10	17	Dusturan 30 „ 15 „ „	14,25	4	40	100	—	—	$4^1/_2$	496	0,013	—	3	
11	18	Calciumarseniat 70 mg. 15 Maitriebe. Fichte . . .	5	3	14	100	—	—	$^1/_{20}$	1	Spuren	—	2	
12	19	Calciumarseniat 30 „ 15 „ „	7,92	3	18	100	—	—	$^1/_4$	24	0,002	—	2	
13	20	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht?	22,42	4	46	100	—	—	best. 2 | unb. 11	2087	0,004	—	3	
14	21	Aus Versuch Nr. 12 nach 1 Tage auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	7,33	3	14	42	58	58	$38^1/_2$	8090	Spuren	0	5	
15	22	Aus Versuch Nr. 12 nach 2 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	4	3	5	16,7	83,3	66,7	48	14470	0,02	0	5	
16	23	Kontrollversuch. 15 Maitriebe. Fichte	—	—	—	—	100	100	87	18680	—	—	6	
17	24	Ohne Nahrung	8	4	10	100	—	—	—	—	—	—	—	
18	25	Höchst 70 mg. 15 Maitriebe. Fichte	3,42	2	8	100	—	—	$^1/_{18}$	—	0,007	—	1	
19	26	Höchst 30 „ 15 „ „	4,33	2	9	100	—	—	$^1/_{10}$	—	Spuren	—	1	

Die Raupen zeigten die charakteristischen Vergiftungserscheinungen wie bei *L. dispar*, die auch bei allen folgenden Stadien auftraten.

In allen gestorbenen Raupen aus Versuchen mit vergiftetem Futter war Arsen nachgewiesen worden. Die Menge schwankte zwischen Spuren und 0,02 mg.

Die Versuche mit 5 verschiedenen Präparaten zeigten dasselbe Bild wie im vorigen Raupenstadium und wie die Versuche mit *L. dispar*. Am besten wirkte wieder Calciumarseniat. Bei mehlartiger Bestäubung war die mittlere Lebensdauer der Raupen 5 Tage, die minimale 3 und die maximale 14 Tage. Dabei hatten die Raupen nur $^1/_{20}$ der Maitriebe gefressen und 1 mg Kot abgegeben (Tab. VI, Versuch 18). Auch bei den Versuchen mit schwacher Bestäubung hat das Mittel vortrefflich gewirkt, wo die mittlere Lebensdauer der Raupen 7,92 Tage betrug, die minimale 3 Tage und die maximale 18 Tage bei einem Nahrungsverbrauch von $^1/_4$ der Maitriebe und 24 mg Kot (Tab. VI, Versuch 19).

Den zweiten Platz hat Höchst eingenommen. An dritter Stelle stand das Esturmit, bei dem die mehlartige Bestäubung ungefähr die gleiche Wirkung erzielte als die schwache Bestäubung von Calciumarseniat (Tab. VI, vgl. Versuch 12 mit 19).

Am schlechtesten waren die Ergebnisse mit Aresin, welches auch dem Dusturan insofern nachsteht, als bei schwacher Bestäubung auch die Wirkung sehr schwach war — mittlere Lebensdauer der Raupen 18,95 Tage — (Tabelle VI, Versuch 15).

Schlußfolgerungen.

1. Auf die Nonnenraupen im II. Stadium wirkt das Arsen gut. Sogar bei schwacher Bestäubung gehen alle Raupen zugrunde, wenngleich meist erst nach längerer Zeit.
2. Selbst 1—2tägiger Fraß der Raupen auf bestäubtem Futter genügt, auch wenn sie dann auf unbestäubtes Futter gesetzt werden, um die Nachkommenschaft zu vernichten, d. h. trotzdem ein Teil dieser Raupen sich anscheinend normal weiterentwickelt, schlüpfen aus den von solchen Faltern abgelegten Eiern keine Räupchen mehr.
3. Die Raupen halten sich im Fressen des bestäubten Futters nicht zurück, wenn sie auch von unbestäubtem Futter mehr fressen als von bestäubtem.
4. Bei mehlartiger Bestäubung leben die Raupen durchschnittlich 5 bis 12,25 Tage, bei schwacher Bestäubung 7,92—19,5 Tage. Im letzten Fall wurde das Futter 2- bis 3mal ausgetauscht.
5. Bei frisch gehäuteten Raupen des II. Stadiums ist das Gift wirksamer als bei solchen, die schon längere Zeit gehäutet sind.
6. Die Raupen zeigten sichtliche Vergiftungserscheinungen. Bei ihrer Untersuchung wurde Arsengehalt festgestellt; dieser betrug pro Raupe von Spuren bis 0,02 mg.

7. Von allen 5 angewendeten Staubmitteln hat wiederum am besten gewirkt Calciumarseniat, dann „Höchst", Esturmit und am schwächsten waren Dusturan und Aresin. Letzteres zeigt bei schwacher Bestäubung nur ganz geringe Wirkung.

III. Stadium.

Mit Raupen dieses Stadiums wurden im ganzen 21 Versuche mit je 10 Raupen angestellt.

Schon bei oberflächlicher Vergleichung der Tab. VII mit VI fällt auf, daß die Raupen im III. Stadium mehr der Wirkung des Giftes unterworfen sind als die Raupen des II. Stadiums. So betrug z. B. im Versuch Nr. 12 (Tab. VI), wo das Futter mehlartig mit Esturmit bestäubt war, die mittlere Lebensdauer der Raupen des II. Stadiums 8,59 Tage, während die Raupen des III. Stadiums unter den gleichen Bedingungen durchschnittlich 4,6 Tage gelebt haben (Tab. VII, Versuch 27). Dasselbe läßt sich auch von den anderen Mitteln sagen, besonders bei Aresin tritt der Unterschied deutlich hervor. Die Raupen II. Stadiums lebten bei Anwendung von Aresin in starker Dosis durchschnittlich 11,85 Tage (Tab. VI, Versuch 14), während die Raupen im III. Stadium durchschnittlich nur 5,8 Tage lebten (Tab. VII, Versuch 29).

Das Nachlassen der Widerstandsfähigkeit gegen Arsen bei Raupen des III. Stadiums ist wie folgt zu erklären:

Wenn man die Kontrollversuche mit Raupen des II. und III. Stadiums betrachtet, so ist festzustellen, daß ein großer Unterschied in der aufgenommenen Futtermenge besteht. Die Raupen des III, Stadiums fressen 2 bis 3mal mehr Futter als die Raupen des II. Stadiums (vgl. Versuche 23 der Tab. VI mit 44 der Tab. VII). Da nun die Raupen mit der größeren Menge Futter auch eine größere Menge Gift zu sich nehmen, muß die Wirkung auch eine raschere sein, weil die minimale tödliche Dosis dadurch schneller erreicht wird. Freilich wächst diese Dosis auch hier mit dem Wachstum der Raupen, wird aber durch die große Futtermenge schnell eingeholt.

Allgemein hat sich ergeben, daß bei starker Bestäubung die Raupen des III. Stadiums durchschnittlich 3,8—7,8 Tage lebten (Tab. VII, Versuche 27, 29, 31, 33 und 35), während bei schwacher Bestäubung diese durchschnittlich nach 5,3—15,3 Tage starben. Im letzteren Fall war es allerdings notwendig das Futter 2mal zu erneuern.

Meiden die Raupen des III. Stadiums bestäubtes Futter?

Zur Klärung dieser Frage waren 2 Versuche in der Weise wie bei Raupen des V. Stadiums von *Lymantria dispar* angestellt. Im Versuch, bei dem die Raupen auf den untern mit „Höchst" bestäubten Teil des Futterzweiges gesetzt wurden (Tab. VII, Versuch 38), war nur ein Teil der Raupen auf den oberen, unbestäubten Teil des Zweiges abgewandert, die anderen waren unten verblieben und sind zugrunde gegangen. Später

sind dann die Raupen, die auf den unbestäubten Teil waren, zurückgegangen und ebenfalls gestorben.[1])

Im andern Fall wurden alle Raupen anfangs auf den unbestäubten unteren Teil des Futterzweiges gesetzt. Einige der Raupen wanderten schon bald auf den mit „Höchst" bestäubten Teil, hatten dort gefressen und waren zugrunde gegangen; der Rest der Raupen folgte diesen nach. Auf diese Weise haben alle Raupen bestäubtes Futter aufgenommen und sind zugrunde gegangen (Tab. VII, Versuch 37).

Diese Ergebnisse zeigen klar, daß die Raupen des III. Stadiums das bestäubte Futter nicht meiden, selbst bei Vorhandensein von unbestäubtem Futter, jedoch fressen sie von letzterem mehr als von dem bestäubten.

Wurden Raupen von bestäubtem Futter auf unbestäubtes gesetzt, so hat sich gezeigt, daß nach 1—3tägigem Fraß an stark bestäubtem Futter nicht alle zugrunde gegangen waren. Solche Raupen hatten einen bestimmten Prozentsatz von Imagines ergeben. Es waren z. B. im Versuch Nr. 39 (Tab. VII), wo die Raupen nach 1tägigem Fraß von mit „Höchst" stark bestäubtem Futter auf gesundes gesetzt wurden, nur 40% eingegangen, die restlichen 60% haben sich verpuppt. Die Weiterentwicklung dieser war normal, was der große Nahrungsbedarf (50 Maitriebe) und die große Menge von 5410 mg Kot bestätigten. Ungefähr ähnliche Resultate hat der Versuch Nr. 40 ergeben (Tab. VII), wo die Raupen nach 2tägigem Fraß von bestäubtem auf unbestäubtes Futter gesetzt worden waren. Wenn im Versuch 41, wo die Raupen nach 3tägigem Fraß auf bestäubtes Futter gesetzt wurden, 90% Puppen ergeben haben, so ist dieser anormal hohe Prozentsatz an Verpuppten im Verhältnis zu Versuch Nr. 39 dahin zu erklären, daß in diesem Versuch zufällig ein großer Teil von vor der Häutung zum IV. Stadium stehenden Raupen benutzt wurde. In allen diesen 3 Versuchen haben die Raupen, welche schließlich an Vergiftung zugrunde gegangen waren, durchschnittlich länger gelebt als die auf bestäubtem Futter verbliebenen Raupen. So betrug z. B. die mittlere Lebensdauer der Raupen im Versuch Nr. 39 25,25 Tage, während diese im Versuch Nr. 35 (mit stets bestäubtem Futter), aus welchem die Raupen für Versuch 39 entnommen waren, nur 5,4 Tage betrug.

Auch hier hat das aufgenommene Gift auf die Nachkommen gewirkt, indem aus den Eiern von Schmetterlingen, die sich aus solchen Puppen entwickelt hatten, keine Räupchen geschlüpft waren; alle Eier waren zugrunde gegangen (Tab. X, Versuch 39—41).

Um der Frage, wie wirkt Arsen auf Raupen, die vorher gehungert haben, näher zu kommen, habe ich 2 Versuche angestellt. In einem Fall (Tab. VII, Versuch 42), wo ich die Raupen 1 Tag hungern ließ und dann auf mehlartig mit Aresin bestäubtes Futter setzte, gingen dieselben durchschnittlich nach 5,5 Tagen zugrunde. Die Raupen, die ich unter gleichen

[1]) Daraus erklärt sich, daß einige Raupen sogar 29 Tage gelebt haben.

Tabelle VII.

Lymantria monacha L. Je 10 Raupen. (III. Stadium — 15 mm.)

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	% zur Imago entwickelt	Gefressen Zahl der Maitriebe	Kotmenge mg	Arsengehalt pro Raupe mg	Arsengehalt pro Imago mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
1	27	Esturmit 150 mg. 15 Maitriebe. Fichte	4,6	3	7	100	—	—	1/4	7	0,01	—	2	
2	28	Esturmit 50 „ 15 „ „	11,9	7	18	100	—	—	3/4	66	0,004	—	2	
3	29	Aresin 150 „ 15 „ „	5,8	3	9	100	—	—	1/2	10	0,008	—	2	
4	30	Aresin 50 „ 15 „ „	15,3	7	32	100	—	—	3 1/2	162	0,04	—	2	
5	31	Dusturan 150 „ 15 „ „	7.8	5	14	100	—	—	1/2	43	0,011	—	2	
6	32	Dusturan 50 „ 15 „ „	12,7	4	24	100	—	—	1	160	0,002	—	2	
7	33	Calciumarseniat 150 mg. 15 Maitriebe. Fichte	3,8	3	6	100	—	—	1/4	10	Spuren	—	2	
8	34	Calciumarseniat 50 „ 15 „ „	5,3	3	8	100	—	—	1/2	12	0,015	—	2	
9	35	Höchst 150 mg. 15 Maitriebe. Fichte	5.4	3	9	100	—	—	1/2	55	0.004	—	2	
10	36	Höchst 50 „ 15 „ „	8,8	4	16	100	—	—	3/4	66	0,004	—	2	
11	37	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? Höchst	6	4	7	100	—	—	1/2	29	0,006	—	2	
12	38	„ „ „ „ „ „ „ „ „	10,9	6	29	100	—	—	2 1/2	180	0,008	—	2	
13	39	Aus Versuch Nr. 35 nach 1 Tage auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	25,25	2	47	40	60	50	50	5410	Spuren	0	5	
14	40	„ „ Nr. 35 „ 2 „ „ „ „ „ „	17,3	3	27	60	40	40	47	4630	0,017	0	4	
15	41	„ „ Nr. 35 „ 3 „ „ „ „ „ „	5	5	5	10	90	70	48	4740	Spuren	0	3	
16	42	„ „ Nr. 43 „ 1 „ Aresin 150 mg. 15 Maitriebe. Fichte	5.5	2	10	100	—	—	1/2	15	0,003	—	1	
17	43	Ohne Nahrung	7,5	2	9	100	—	—	—	21	—	—	—	
18	44	Kontrollversuch. 15 Maitriebe. Fichte	—	—	—	—	100	100	74	8450	—	—	4	
19	45	Aus Versuch Nr. 43 nach 5 Tagen. Aresin 150 mg. 15 Maitriebe. Fichte	3,9	2	6	100	—	—	1/4	12	0,014	—	1	
20	46	Uraniagrün, Normallösung, bespritzt. 15 Maitriebe. Fichte	30,7	7	42	100	—	—	46	3795	0,033	—	4	
21	47	Uraniagrün, doppelt starke Lösung bespritzt. 15 Maitriebe. Fichte	21,8	14	27	100	—	—	20	926	0.003	—	2	

Bedingungen hielt, aber ohne vorhergehenden Nahrungsentzug (Tab. VII, Versuch 29), starben durchschnittlich nach 5,8 Tagen. In einem andern Fall (Tab. VII, Versuch 45), wo die Raupen vorher 5 Tage gehungert hatten und dann auf mehlartig mit Aresin bestäubtes Futter gesetzt wurden, war der Unterschied größer. Hier haben die Raupen durchschnittlich 3,9 Tage gelebt, d. i. fast halb so lange als die Raupen im Versuch Nr. 29. Bei diesen Versuchen ist die Erscheinung bemerkenswert, daß trotz der verschiedenen Lebensdauer der Raupen der Nahrungsbedarf und die Kotmenge ungefähr gleich waren. Es scheint also, daß auf durch Hunger geschwächte Raupen die minimale tödliche Dosis schneller wirkt als auf normale Raupen.

In allen Raupen aus Versuchen mit vergiftetem Futter war durch Untersuchung Arsen festgestellt worden, pro Raupe ca. 0,002—0,04 mg. Wenn wir diese Zahlen vergleichen mit denen des II. Stadiums, so sehen wir, daß die Raupen des III. Stadiums mehr Arsen aufgenommen haben als die Raupen des II. (siehe oben).

Endlich zeigten die Raupen des III. Stadiums dieselben Vergiftungserscheinungen als die Raupen des I. und II. Stadiums.

Bei den Versuchen mit dem III. Raupenstadium wurde außer den 5 oben genannten Staubmitteln auch noch das Spritzmittel Uraniagrün in zweierlei Konzentration zur Anwendung gebracht.

Von den Staubmitteln hat wie gewöhnlich Calciumarseniat am besten gewirkt (Tab. VII, Versuch 33 und 34), wo die mittlere Lebensdauer der Raupen bei starker Bestäubung 3,8 Tage betrug. Dann kam „Höchst" (Versuche Nr. 35 und 36); mittlere Lebensdauer bei starker Bestäubung 5,4 Tage. Den 3. Platz nahm Esturmit ein; obwohl die starke Bestäubung gut gewirkt hat (Tab. VII, Versuch 27), hat die schwache Bestäubung gegenüber Höchst sehr nachgelassen. So z. B. war bei schwacher Bestäubung von Esturmit (Tab. VII, Versuch 28) die mittlere Lebensdauer der Raupen 11,9 Tage, bei Höchst nur 8,8 Tage (vgl. Tab. VII, Versuch 28 mit Versuch 36). An letzter Stelle stand Aresin, welches im Vergleich zu Dusturan besonders bei schwacher Bestäubung gering gewirkt hat.

Auch das Spritzmittel Uraniagrün hat sich in diesen Versuchen als ganz brauchbar erwiesen. Obwohl, wie wir weiter sehen werden, dieses Mittel allen staubförmigen um ein Vielfaches in der Wirkung nachsteht, wirkte auf die Raupen des III. Stadiums sogar die normale Lösung vernichtend, wenn auch erst nach längerer Einwirkung. So betrug die mittlere Lebensdauer der Raupen bei Anwendung der normalen Lösung 30,7 Tage (Tab. VII, Versuch 46). Besser wirkte natürlich die doppelt starke Lösung (Versuch Nr. 47), wo die Raupen schon nach 21,8 Tagen eingingen. Im Vergleich betrachtet ist dieses Mittel schlechter als alle Staubmittel. Sogar die schwache Bestäubung mit Aresin wirkte besser als die doppelt starke Lösung von Uraniagrün.

Schlußfolgerungen.

1. Auf die Raupen im III. Stadium ist die Arsenwirkung eine noch bessere als auf Raupen des II. Stadiums. Obwohl die minimale tödliche Dosis wiederum gestiegen ist, wird dies doch reichlich aufgewogen durch den großen Nahrungsbedarf und die Freßgier der Raupen.
2. Bei starker Bestäubung gehen alle Raupen durchschnittlich nach 3,8—7,8 Tagen zugrunde; bei schwacher Bestäubung nach 5,3 bis 15,3 Tagen.
3. Die Raupen meiden das bestäubte Futter nicht, aber sie fressen von unbestäubtem Futter stets mehr als von bestäubtem.
4. 1—3tägiger Fraß der Raupen an stark mit Höchst bestäubtem Futter ist ausreichend (auch wenn sie dann auf normalem Futter weitergezüchtet werden), einen Teil der Raupen zu vernichten. Die sich weiterentwickelnden Raupen verpuppen sich, doch legen die aus diesen Puppen geschlüpften Falter keine lebensfähigen Eier.
5. Durch Hunger geschwächte Raupen gehen rascher an Arsen zugrunde als vorher normal gefütterte.
6. Alle vergifteten Raupen zeigten die bereits erwähnten Vergiftungserscheinungen. Nach der Untersuchung ist der Arsengehalt pro Raupe 0,002—0,04 mg.
7. Wie bisher hat auch wieder Calciumarseniat am besten gewirkt, dann Höchst. Esturmit stand diesen beiden nur durch seine geringe Wirksamkeit bei schwacher Dosierung nach. Den letzten Platz hat Aresin eingenommen, welches dem Dusturan durch seine schwache Wirkung bei minimaler Dosierung nachstand.
8. Das neu hinzugekommene Spritzmittel Uraniagrün (Tafeln) wirkte am geringsten, obwohl auch hier alle Raupen zugrunde gegangen sind. Sogar die doppelt starke Lösung hatte die Wirkung aller Staubmittel (auch in schwacher Anwendung) nicht erreichen können.

IV. Stadium.

Mit diesem Stadium wurden 14 Versuche mit je 10 Raupen angestellt.

Wie die Versuche ergeben haben, ist dieses Raupenstadium relativ widerstandsfähiger als das III. Stadium. Obwohl allgemein sogar die schwache Bestäubung gut gewirkt hat, konnten sich doch einzelne Raupen verpuppen. So z. B. haben sich im Versuch mit schwacher Bestäubung von Esturmit (Tab. VIII, Versuch 49) 30% Raupen verpuppt. In gleicher Anwendung von Dusturan (Versuch 53) haben sich 10% verpuppt. Ein besonders interessantes Bild gibt in dieser Hinsicht der Versuch mit normaler Lösung von Uraniagrün (Tab. VIII, Versuch 58), wo sich sogar 50% verpuppten, während unter den gleichen Bedingungen Raupen des III. Stadiums alle zugrunde gegangen waren. (Vgl. Versuch Nr. 58 Tab. VIII mit Versuch 46 Tab. VII.) Außerdem hat sich ein Unterschied

in bezug auf die Widerstandsfähigkeit zwischen Raupen des III. und IV. Stadiums darin gezeigt, daß diese in allen Versuchen mit vergiftetem Futter länger gelebt haben als jene. Z. B. bei mehlartiger Bestäubung mit Esturmit betrug die mittlere Lebensdauer der Raupen des IV. Stadiums 7 Tage (Tab. VIII, Versuch 48), während die Raupen des III. Stadiums eine mittlere Lebensdauer von 4,6 Tagen erreicht hatten (Tab. VII, Versuch 27). Ein ähnliches Ergebnis hatten alle anderen Mittel gezeigt.[1])

Die größere Widerstandsfähigkeit der Raupen des IV. Stadiums gegenüber denen des III. Stadiums ist auch hier wieder mit dem Anwachsen der tödlichen Minimaldosis zu erklären.

Außer diesem Ansteigen der minimalen tödlichen Dosis scheint es auch, daß die Nonnenraupen dieses Stadiums überhaupt ungünstige Umstände besser ertragen können als die Raupen des III. Stadiums. So z. B. gingen die Raupen im IV. Stadium ohne Nahrung durchschnittlich nach 10,7 Tagen ein (Tab. VIII, Versuch 61), während die Raupen des III. Stadiums dagegen schon nach 7,5 Tagen starben (Tab. VII, Versuch 43).

Im allgemeinen waren bei starker Bestäubung alle Raupen durchschnittlich nach 3,8—10 Tagen eingegangen (Tab. VIII, Versuche 48, 50, 52, 54 und 56), während bei schwacher Bestäubung der größte Teil nach 4,2—24,33 Tagen zugrunde ging, je nach der Wirksamkeit des angewendeten Mittels; der Rest hatte sich in diesem Falle bereits verpuppt. Bei der langen Lebensdauer dieser Raupen wurde das Futter 2—3 mal durch frisch bestäubtes ersetzt (Tab. VIII, Versuche 49 und 53). Auch hier hat sich gezeigt, daß aus den Versuchen, bei denen sich ein Teil der Raupen verpuppt hatte, diese entweder keine Imago ergaben (Tab. X, Versuch 53) oder wenn Weibchen schlüpften, diese keine lebensfähigen Eier ablegen konnten (Tab. X, Versuch 58).

Wie die Raupen des III. Stadiums haben auch diese das vergiftete Futter gut angenommen; ein Abwandern vom Futter war nicht zu beobachten, der Fraß war ein ergiebiger, was durch reichlichen Kot bewiesen wurde (Tab. VIII).[2])

Von den angewendeten Mitteln hat wie gewöhnlich Calciumarseniat am besten gewirkt, sowohl bei starker als auch bei schwacher Bestäubung. Bei ersterer erreichten die Raupen eine mittlere Lebensdauer von 3,8 Tagen, bei letzterer eine solche von 4,2 Tagen (Tab. VIII, Versuche 54 und 55). Gut in der Wirkung waren auch Höchst und Esturmit (Tab. VIII, Versuche 56, 57 und 48).[3]) Dusturan und Aresin haben den letzten

[1]) Calciumarseniat machte insofern eine Ausnahme, als es durch seine größere Giftigkeit bei starker Bestäubung die Raupen des IV. Stadiums ebenso schnell vernichtete als die Raupen des III. Stadiums. (Vgl. Tab. VIII, Versuch 54 mit Tab. VII, Versuch 33.)

[2]) Spezielle Versuche zur Feststellung des Vermeidens von bestäubtem Futter, wie ich sie gewöhnlich bei anderen Stadien angestellt habe, waren hier infolge Mangel an Material nicht durchführbar.

[3]) Ein etwas abweichendes Bild hat der Versuch mit Esturmit bei schwacher Bestäubung (Nr. 49) gezeigt, wobei 30% der Raupen zur Verpuppung kamen.

Tabelle VIII.

Lymantria monacha L. Je 10 Raupen. (IV. Stadium — 19 mm.)

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	% zur Imago entwickelt	Gefressen Zahl der Maitriebe	Kotmenge mg	Arsengehalt pro Raupe mg	Arsengehalt pro Imago mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
1	48	Esturmit 150 mg. 18 Maitriebe. Fichte	7	3	15	100	—	—	1½	72	0,012	—	1	
2	49	Esturmit 50 „ 18 „ „	16,9	8	26	70	30	20	22	3 710	0,028	0	2	
3	50	Aresin 150 „ 18 „ „	7,7	4	14	100	—	—	2	181	0,006	—	1	
4	51	Aresin 50 „ 18 „ „	16,9	7	33	100	—	—	15	1 075	0,007	—	2	
5	52	Dusturan 150 „ 18 „ „	10	5	23	100	—	—	2	168	0,009	—	1	
6	53	Dusturan 50 „ 18 „ „	24,33	12	33	90	10	—	21	3 095	0,014	—	3	
7	54	Calciumarseniat 150 mg. 18 Maitriebe. Fichte . .	3,8	2	7	100	—	—	½	32	0,01	—	1	
8	55	Calciumarseniat 50 „ 18 „ „ .	4,2	2	10	100	—	—	1	60	0,02	—	1	
9	56	Höchst 150 mg. 18 Maitriebe. Fichte	9,4	3	14	100	—	—	2	171	0.007		1	
10	57	Höchst 50 „ 18 „ „	17,3	7	23	100	—	—	14½	1 165	0,011	—	2	
11	58	Uraniagrün, Normale Lösung, bespritzt. 18 Maitriebe. Fichte	30	23	35	50	50	40	51	8 410	0,028	0	4	
12	59	Uraniagrün, doppelt starke Lösung, bespritzt. 18 Maitriebe. Fichte	19,1	4	24	100	—	—	10	1 728	0,045	—	2	
13	60	Kontrollversuch. 18 Maitriebe. Fichte	—	—	—	—	100	100	65	11 828	—	—	3	
14	61	Ohne Nahrung	10,7	8	13	100	—	—	—	48	—	—	—	

Platz eingenommen. In diesem Fall hat sich Dusturan gegenüber dem Aresin schwächer gezeigt. So z. B. war bei schwacher Anwendung von Dusturan die mittlere Lebensdauer der Raupen 24,33 Tage und haben sich 10% der Raupen verpuppt (Tab. VIII, Versuch 53), während bei Aresin unter gleichen Bedingungen die mittlere Lebensdauer nur 16,9 Tage betrug und alle Raupen zugrunde gingen (Tab. VIII, Versuch 51).

Wir haben schon oben gesehen, daß Uraniagrün schwach gewirkt hat. Die normale Lösung von diesem Spritzmittel konnte nur die Hälfte der Raupen vernichten, während die andere Hälfte zur Verpuppung kam und Falter ergeben hat (Tab. VIII, Versuch 58). Auch hier war, wie die Weiterzucht gezeigt hat, die Einwirkung des Giftes genügend, um alle Eier, welche von solchen Schmetterlingen abgelegt wurden, zu vernichten. Die doppelt starke Lösung von Uraniagrün jedoch hat so stark gewirkt, daß alle Raupen eingingen. Die mittlere Lebensdauer betrug dabei 19,1 Tage (Tab. VIII, Versuch 59).

In allen Versuchen mit vergiftetem Futter gingen die Raupen unter sichtlichen Vergiftungserscheinungen ein und konnte bei diesen durch die Untersuchung pro Raupe 0,007 bis 0,045 mg (Tab. VIII) Arsen nachgewiesen werden. Es zeigt sich auch hier, daß die minimale tödliche Dosis für die Raupen des IV. Stadiums gegenüber dem III. Stadium angestiegen ist (Arsengehalt pro Raupe 0,002 bis 0,04 mg).

Schlußfolgerungen.

1. Die Raupen des IV. Stadiums sind relativ widerstandsfähiger als die Raupen des III., desgleichen ist die minimale tödliche Dosis angestiegen.
2. Bei starker Bestäubung gehen die Raupen durchschnittlich nach 3,8—10 Tagen zugrunde; bei schwacher Bestäubung die meisten nach 4,2—24,33 Tagen.

   In einigen Fällen (Esturmit und Dusturan) hat sich bei schwacher Bestäubung ein Teil der Raupen verpuppt.
3. Die aus Versuchen mit bestäubtem Futter stammenden Puppen gehen entweder zugrunde oder ergeben Falter, deren Eier nicht entwicklungsfähig sind.
4. In allen aus Versuchen mit bestäubtem Futter stammenden Raupen war Arsen festgestellt. Der Arsengehalt betrug pro Raupe 0,007 bis 0,045 mg.
5. Von allen angewendeten Staubmitteln hat am besten Calciumarseniat gewirkt, dann kommt Höchst und Esturmit, an letzter Stelle standen Dusturan und Aresin.
6. Die Wirkung von Uraniagrün-Tafeln in normaler Lösung war schwach (50% der Raupen hatten sich verpuppt), aber doch noch ausreichend, um die Eier aus diesen Versuchen zu töten. Die doppelt starke Lösung hat gut gewirkt.

V. Stadium.

Mit diesem Stadium wurden 18 Versuche mit je 8 Raupen angestellt. Die Raupen waren alle ungefähr gleich groß, im weiteren Verlauf hat sich aber gezeigt, daß einige darunter waren, die sich nochmals häuteten, also ein VI. Stadium bildeten, was auch in der Natur vorkommt.

Wie nach den bisherigen Erfahrungen zu erwarten war, erwiesen sich die Raupen des V. Stadiums noch widerstandsfähiger gegen Arsen als die des IV. Stadiums. Sogar die starke Bestäubung war nicht immer imstande, alle Raupen zu töten (Tab. IX, Versuche 64 und 66), natürlich noch weniger die schwache Bestäubung (ausgenommen Höchst, Tab. IX, Versuch 71). So waren z. B. bei schwacher Bestäubung mit Esturmit nur 12,5% Raupen gestorben (Tab. IX, Versuch 63). Das gleiche war bei Dusturan der Fall, wo in dem Versuch mit schwacher Bestäubung 75% zur Verpuppung kamen (Tab. IX, Versuch 67) und bei Aresin, wo sich 50% der Raupen verpuppt haben (Tab. IX, Versuch 65) usw.

Dieselbe Beobachtung hat auch Walter[1]) gemacht, bei dem die Raupen dieses Stadiums in den Versuchen mit bestäubtem Futter ebenfalls zur Verpuppung kamen.

Es bestätigt sich auch hier, daß die Raupen des V. Stadiums mehr Gift vertragen als die des IV. Stadiums. Durch das Ansteigen der minimalen tödlichen Dosis ist die Erscheinung zu erklären, daß die Raupen dieses Stadiums bei starker Bestäubung viel mehr Futter gefressen haben als die Raupen des IV. Stadiums unter gleichen Bedingungen (vgl. Tab. IX mit Tab. VIII). Als Beispiele bringe ich hier die Versuche mit Esturmit, wo die 10 Raupen des IV. Stadiums bei mehlartiger Bestäubung $1^1/_2$ Maitriebe gefressen und 72 mg Kot abgelegt haben (Tab. VIII, Versuch 48), während 8 Raupen des V. Stadiums unter gleichen Verhältnissen 4 Maitriebe gefressen und 925 mg Kot abgelegt haben (Tab. IX, Versuch 62). Noch deutlicher kommt dieser Unterschied in den Versuchen mit Dusturan zum Ausdruck. Bei mehlartiger Bestäubung haben die Raupen des IV. Stadiums 2 Maitriebe gefressen und 168 mg Kot gegeben (Tab. VIII, Versuch 52), die Raupen des V. Stadiums dagegen 5 Maitriebe gefressen und 1722 mg Kot abgelegt (Tab. IX, Versuch 66). Umgekehrt ist das Verhältnis der aufgenommenen Futtermenge im Vergleich mit dem IV. Stadium bei schwacher Bestäubung. Hier fraßen die Raupen des V. Stadiums weniger (Ausnahme Calciumarseniat!) als jene (vgl. Tab. VIII und Tab. IX). Bei starker Bestäubung konnten die Raupen genügende Mengen von Gift aufnehmen, während bei schwacher Bestäubung die minimale tödliche Dosis nicht erreicht wurde und daher die meisten von ihnen sich verpuppen konnten. Wie groß die minimale tödliche Dosis für die Raupen des V. Stadiums geworden ist, zeigt sich daran, daß diese im Kontroll-

[1]) Walter, Gerh., Die Bekämpfung der Forleule und der Nonne in den Oberförstereien Biesenthal und Sorau im Jahre 1925. S. 69.

versuch 5 mal soviel Futter in der gleichen Zeit gefressen haben als die Raupen des IV. Stadiums.

Im allgemeinen gingen bei starker Bestäubung mit den verschiedenen Arsenstaubmitteln die Raupen durchschnittlich nach 2,9—15,17 Tagen ein (Tab. IX, Versuch 62, 64, 66, 68 und 70) und nur in einigen Fällen verpuppten sie sich. Bei schwacher Bestäubung ging nur ein Teil der Raupen durchschnittlich nach 7,66—19,5 Tagen ein und die meisten haben sich verpuppt (Tab. IX, Versuch 63, 65, 67 und 69).

Um die Frage zu lösen, ob die Raupen das bestäubte Futter meiden, waren die Versuche 75 und 76 angestellt. Im ersten Fall waren alle Raupen zuerst auf den unteren, unbestäubten Teil des Futterzweiges gesetzt; ein Teil von diesen war bald auf den bestäubten Teil gestiegen und hatte dort gefressen, andere folgten, und schließlich starben alle an Vergiftung (Tab. IX, Versuch 75). Im andern, umgekehrten Fall, wo die Raupen auf den bestäubten unteren Teil des Futterzweiges gesetzt waren, waren nur 1 oder 2 Raupen auf den unbestäubten oberen Teil gestiegen; jedoch auch diese waren wie die übrigen durch Aufnahme des vergifteten Futters gestorben (Tab. IX, Versuch 76). So hat sich gezeigt, daß die Raupen die bestäubten Nadeln nicht meiden, auch wenn unbestäubte Nadeln vorhanden waren. Sachtleben[1]) dagegen sagt, daß „kurz vor der Verpuppung stehende Raupen sich bald ohne Fraß an den vergifteten Nadeln oder Blättern verpuppt haben".

In meinen Versuchen war in diesem Fall auch kaum ein Unterschied zwischen dem Fraß auf unbestäubten und bestäubten Nadeln wahrzunehmen, während dieser Unterschied in andern Fällen sehr bedeutend ist. So haben in einem Fall die Raupen des V. Stadiums von der bestäubten Hälfte des Futterzweiges 1 Maitrieb gefressen und von der unbestäubten 2 Maitriebe (Tab. IX, Versuch 75); im andern Fall von der bestäubten Hälfte 1 Maitrieb und von der unbestäubten sogar nur einen halben Maitrieb (Tab. IX, Versuch 76).

Die Versuche mit Übertragung der Raupen von bestäubtem auf unbestäubtes Futter haben gezeigt, daß bei starker Bestäubung von Calciumarseniat 2—4 Tage Fraß genügen, um den größten Teil der Raupen zu töten. Im Versuch Nr. 78, wo die Raupen 2 Tage vergiftetes Futter gefressen haben (sie waren nach 2tägigem Fraß aus Versuch Nr. 68 mit mehlartiger Bestäubung von Calciumarseniat in Versuch Nr. 78 auf gesundes Futter gesetzt worden), waren 75% gestorben und ergaben nur 25% Puppen. Das gleiche hat Versuch Nr. 79 unter denselben Umständen ergeben (hier bestand nur ein Unterschied darin, daß die Raupen nach 4 Tagen von bestäubtem auf unbestäubtes Futter gesetzt wurden). Im letzten Fall war sogar die Hälfte der Puppen noch zugrunde gegangen.

[1]) Sachtleben, Forstschädlingsbekämpfung vom Flugzeug aus. Nachr.-Bl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzdienst. Nr. IX. 1925. S. 73.

Tabelle IX.

Lymantria monacha L. Je 8 Raupen. (V. Stadium — 32 mm.)

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	% zur Imago entwickelt	Gefressen Zahl der Maitriebe	Kotmenge mg	Arsengehalt pro Raupe mg	Arsengehalt pro Imago mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
1	62	Esturmit 200 mg. 18 Maitriebe. Fichte	12,3	3	20	100	—	—	4	925	0,032	—	1	
2	63	Esturmit 70 „ 18 „ „	18	18	18	12,5	87,5	87,5	20	1937	0,14	0	1	
3	64	Aresin 200 „ 18 „ „	8,5	6	11	75	25	25	3	427	0,025	0	1	
4	65	Aresin 70 „ 18 „ „	13,25	10	16	50	50	37,5	7	902	0,013	0	1	
5	66	Dusturan 200 „ 18 „ „	15,17	11	22	75	25	12,5	5	1722	0,004	0	2	
6	67	Dusturan 70 „ 18 „ „	19,5	9	30	25	75	75	22	2770	0,03	0	2	
7	68	Calciumarseniat 200 mg. 18 Maitriebe. Fichte	2,9	2	4	100	—	—	1	52	0,02	—	1	
8	69	Calciumarseniat 70 „ 18 „ „	7,66	6	9	75	25	12,5	2	202	0,004	0	1	
9	70	Höchst 200 mg. 18 Maitriebe. Fichte	6,87	2	10	100	—	—	1	185	0,006	—	1	
10	71	Höchst 70 „ 18 „ „	10,37	4	16	100	—	—	6	369	0,012	—	1	
11	72	Uraniagrün, Normale Lösung, bespritzt. 18 Maitriebe. Fichte.	14	3	25	87,5	12,5	12,5	20	1685	0,004	0	1	
12	73	Uraniagrün, doppelt starke Lösung, bespritzt. 18 Maitriebe. Fichte	6,62	4	10	100	—	—	$1^1/_2$	145	0,004	—	1	
13	74	Kontrollversuch. 18 Maitriebe. Fichte	—	—	—	—	100	100	44	8750	—	—	2	
14	75	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? Calciumarseniat	8,12	3	15	100	—	—	best. unb. 1 | 2	440	0,012	—	1	
15	76	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? Calciumarseniat	6,5	4	9	100	—	—	best. unb. $1^1/_2$	228	0,24	—	1	
16	77	Ohne Nahruug	7,57	4	12	87,5	12,5	125	—	125	—	—	-	
17	78	Aus Versuch Nr. 68 nach 2 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	7,17	1	20	75	25	25	9	905	0,004	0	1	
18	79	Aus Versuch Nr. 68 nach 4 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	6,33	1	17	75	25	12,5	12	697	0,012	0	1	

Diese Ergebnisse lassen sich einesteils durch die große Freßgier der Raupen erklären, andererseits aber muß man doch zu dem Schluß kommen, daß das gesunde Futter erholend auf die Raupen wirkt. Die Sache liegt so, daß, wenn wir Tabelle IX mit Tabelle VII vergleichen, die Raupen des III. Stadiums nach 2tägigem Fraß, von stark bestäubtem Futter auf unbestäubtes Futter gesetzt, 40% Imago ergeben haben (Tab. VII, Versuch 40), während die Raupen im V. Stadium unter gleichen Verhältnissen nur 25% Imago ergaben (Tab. IX, Versuch 78). Eine Erklärung dieser Tatsache ist darin zu suchen, daß die Raupen des III. Stadiums in den 2 Tagen auf bestäubtem Futter die tödliche Minimaldosis von Arsen noch nicht erreicht hatten und sich deshalb an dem nichtbestäubten Futter erholen konnten. Ein Teil der Raupen des V. Stadiums dagegen hat, durch den bedeutend größeren Nahrungsbedarf gezwungen, in der gleichen Zeit des Fressens soviel Gift aufgenommen, daß sie sich nicht mehr erholen konnten, weshalb sich hier nicht mehr alle verpuppten, sondern ein Teil eingingen. Über die gewaltigen Mengen Futter, die die Raupen im letzten Stadium verzehren, berichtet Escherich (9) in der Naturwissenschaftlichen Zeitschrift von 1912 sehr ausführlich.

Die aus den vergifteten Puppen geschlüpften Falter können auch hier, gleich dem vorigen Stadium, keine lebensfähigen Eier ablegen.

Bei schwacher Bestäubung waren in einigen Fällen fast alle Raupen zur Verpuppung gekommen und haben Falter ergeben (s. oben), aber auch die von diesen Weibchen abgelegten Eier sind alle zugrunde gegangen (Tab. X, Versuch 63, 64 und 67). Im Kontrollversuch dagegen waren alle abgelegten Eier gesund (Tab. X, Versuch 74). Kurze Zeit nach der Eiablage war zu bemerken, daß die von Faltern aus bestäubten Versuchen abgelegten Eier anfingen einzutrocknen, und bis zum 1. Oktober 1926 waren alle zugrunde gegangen, während sämtliche Eier aus dem Kontrollversuch bis zu diesem Zeitpunkt gesund waren und unter der binokularen Lupe deutlich die kleinen Räupchen in der Eihülle zu sehen waren (Abb. 5).

In allen Raupen aus Versuchen mit vergiftetem Futter war Arsen festgestellt worden und zwar durchschnittlich 0,004—0,24 mg pro Raupe (Tab. IX), was für die Tatsache spricht, daß die minimale tödliche Dosis für die Raupen des V. Stadiums wiederum gestiegen ist.

Dagegen hat die Untersuchung der aus Versuchen mit bestäubtem Futter stammenden Falter in keinem Fall Arsen nachweisen können, obwohl in den Puppen Arsen festgestellt war (*Lymantria dispar*). Daraus folgt, daß sehr wahrscheinlich während der Umwandlung der Puppe zur Imago das Arsen als Fremdstoff ausgeschieden wird und in der Puppenhülle zurückbleibt. Von dieser Tatsache ausgehend war zu erwarten, daß in den von solchen Faltern abgelegten Eiern Arsenspuren nicht mehr zu konstatieren waren, was die Untersuchungen auch bestätigt haben.

Von den angewendeten Mitteln haben auch hier Calciumarseniat und Höchst am besten gewirkt. Bei mehlartiger Bestäubung mit Calcium-

Tabelle X.

Lymantria monacha L. (II., III., IV. und V. Stadium).

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Zahl der Puppen	Zahl der abgestorbenen Puppen	Zahl der geschlüpften ♀♀	Zahl der geschlüpften ♂♂	Wieviel ♀♀ haben Eier abgelegt?	Nach wieviel Tagen sind die Falter geschlüpft?	Gesundheitszustand der Eier	Arsengehalt der Eier mg	Bemerkungen
1	21	Aus Versuch Nr. 12 nach 1 Tage auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. II. Stadium	7	—	2	5	2	13—14	zugrunde gegangen	0	
2	22	„ „ Nr. 12 „ 2 Tagen „ „ „ „ „ II. Stadium	10	2	3	5	3	12—14	„	0	
3	23	Kontrollversuch. 15 Maitriebe. Fichte. II. Stadium	12	—	4	8	4	12—16	gesund	—	
4	39	Aus Versuch Nr. 35 nach 1 Tage auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. III. Stadium	6	1	3	2	3	12—14	zugrunde gegangen	0	
5	40	„ „ Nr. 35 „ 2 Tagen „ „ „ „ „ III. Stadium	4	—	1	3	1	12—14	„	0	
6	41	„ „ Nr. 35 „ 3 Tagen „ „ „ „ „ III. Stadium	9	2	2	5	2	12—14	„	0	
7	44	Kontrollversuch. 15 Maitriebe. Fichte. III. Stadium	10	—	4	6	4	12—16	gesund	—	
8	49	Esturmit 50 mg. 18 „ „ IV. Stadium	3	1	—	2	—	13	—	—	
9	53	Dusturan 50 „ 18 „ „ IV. Stadium	1	1	—	—	—	—	—	—	
10	58	Uraniagrün, Normale Lösung, bespritzt. 18 Maitriebe. Fichte. IV. Stadium . .	5	1	1	3	1	12—15	zugrunde gegangen	0	
11	60	Kontrollversuch. 18 Maitriebe. Fichte. IV. Stadium	10	—	5	5	5	12—16	gesund	—	
12	63	Esturmit 70 mg. 18 „ „ V. Stadium	7	—	1	6	1	12—15	zugrunde gegangen	0	
13	64	Aresin 200 „ 18 „ „ V. Stadium	2	—	1	1	1	12—14	„	0	
14	65	Aresin 70 „ 18 „ „ V. Stadium	4	1	1	2	—	12	—	—	
15	66	Dusturan 200 „ 18 „ „ V. Stadium	2	1	—	1	—	15	—	—	
16	67	Dusturan 70 „ 18 „ „ V. Stadium	6	—	2	4	2	12—15	zugrunde gegangen	0	
17	69	Calciumarseniat 70 mg. 18 Maitriebe. Fichte. V. Stadium	2	1	—	1	—	12	—	—	
18	72	Uraniagrün, Normale Lösung, bespritzt. 18 Maitriebe. Fichte. V. Stadium . .	1	—	—	1	—	15	—	—	
19	74	Kontrollversuch. 18 Maitriebe. Fichte. V. Stadium	8	—	3	5	3	12—15	gesund	—	
20	77	Ohne Nahrung	1	—	—	1	—	12	—	—	
21	78	Aus Versuch Nr. 68 nach 2 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. V. Stadium	2	—	—	2	—	12—15	—	—	
22	79	„ „ Nr. 68 „ 4 „ „ „ „ „ „ V. Stadium	2	1	—	1	—	15	—	—	

arseniat betrug die mittlere Lebensdauer der Raupen nur 2,9 Tage (Tab. IX, Versuch 68), während die Raupen auf mit Höchst bestäubtem Futter 6,87 Tage lebten (Tab. IX, Versuch 70). Die schwache Bestäubung mit Kalziumarseniat hat unerwarteterweise schwach gewirkt (25% der Raupen haben sich verpuppt — Tab. IX, Versuch 69). Höchst hat auch bei schwacher Bestäubung gute Resultate erzielt, da alle Raupen bei einer mittleren Lebensdauer von 10,37 Tagen (Tab. IX, Versuch 71) zugrunde gegangen waren. Etwas schwächer hat Esturmit und Aresin gewirkt, wo bei starker Bestäubung die Raupen durchschnittlich nach 12,3 und 8,5 Tagen eingingen (Tab. IX, Versuch 62 und 64). Den letzten Platz hat Dusturan eingenommen. Es war in seiner Wirkung geringer bei starker als auch bei schwacher Bestäubung gegenüber den anderen Mitteln

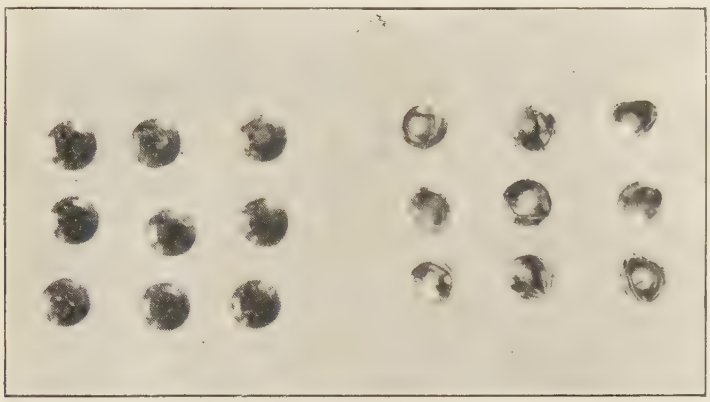

Abb. 5. Eier von *Lymantria monacha* L.
Links gesunde Eier. Rechts zugrunde gegangene Eier. 6mal vergr. Orig. (phot. Seiff).

(Tab. IX, Versuch 66 und 67). Bei schwacher Bestäubung mit Dusturan konnten sich sogar 75% der Raupen verpuppen (Tab. IX, Versuch 67).

Überraschend waren die Ergebnisse mit Uraniagrün, das sich diesmal besser als Dusturan bei starker Bestäubung bewährt hat. Bei normaler Lösung waren 87,5% Raupen gestorben, bei einer mittleren Lebensdauer von 14 Tagen (Tab. IX, Versuch 72). Die doppelt starke Lösung wirkte sogar so gut wie die starke Bestäubung mit Höchst (vgl. Tab. IX, Versuch 73 mit 70).

Endlich sei noch erwähnt, daß auch die Raupen im V. Stadium in allen Versuchen mit vergiftetem Futter ähnliche Vergiftungserscheinungen zeigten wie die Raupen früherer Stadien.

Schlußfolgerungen.

1. Die Raupen des V. Stadiums reagieren auf Arsen schwächer als die Raupen des IV. Bei starker Bestäubung gingen die Raupen durchschnittlich nach 2,9—15,17 Tagen zugrunde, in einzelnen Fällen

(mit Aresin und Dusturan) hat sich ein Teil der Raupen sogar verpuppt. Bei schwacher Bestäubung gingen die Raupen durchschnittlich nach 7,66—19,5 Tagen ein, hier hat sich der größte Teil verpuppt.

Die Ursache dieser Widerstandsfähigkeit ist wieder in dem Anwachsen der tödlichen Minimaldosis zu suchen.

2. Fast alle Puppen aus Versuchen mit bestäubtem Futter haben Falter ergeben, doch die abgelegten Eier sind alle zugrunde gegangen.
3. 2—4tägiger Fraß auf stark mit Calciumarseniat bestäubtem Futter vernichtete den größten Teil der Raupen, auch wenn diese auf gesundem Futter weitergezüchtet wurden. Die Puppen, die von Raupen stammten, welche erst nach 4 Tagen auf gesundes Futter gesetzt waren, sind zur Hälfte eingegangen. Die Freßgier der Raupen des V. Stadiums ist für die Raupen in diesem Fall nachteilig.
4. Die Raupen halten sich im Fressen des bestäubten Futters nicht zurück, auch wenn unbestäubtes Futter vorhanden ist und nehmen sogar beides gleich gern an, was bei den früheren Stadien nicht der Fall war.
5. Die Raupen aus Versuchen mit vergiftetem Futter gingen alle unter den bekannten Vergiftungserscheinungen zugrunde. Der Arsengehalt pro Raupe betrug durchschnittlich 0,004—0,24 mg, was im Vergleich mit dem Arsengehalt früherer Stadien das Ansteigen der minimalen tödlichen Dosis beweist.
6. In Faltern aus Versuchen mit bestäubtem Futter und auch in deren Eiern konnte Arsen durch Untersuchung nicht festgestellt werden. Wahrscheinlich bleibt das Arsen in der Puppenhülle zurück.
7. Ein Unterschied in der Wirkung der verschiedenen Mittel war bei den Raupen des V. Stadiums nicht deutlich zu erkennen, man kann sagen, daß Calciumarseniat wie bisher am besten gewirkt hat, dann Höchst, Esturmit und Aresin und am schlechtesten war Dusturan.
8. Das Spritzmittel Uraniagrün wirkte hier auffallenderweise gut. Sogar bei normaler Lösung waren 87,5% der Raupen binnen kurzer Zeit gestorben. Bei doppelt starker Lösung war die Wirkung dementsprechend rascher und größer.

4. Kiefernspanner (*Bupalus piniarius* L.).

Zu diesen Versuchen habe ich anfangs selbstgezüchtete Raupen verwendet. Aber diese Raupen waren überaus empfindlich, die dadurch gegebene hohe Sterblichkeit hätte die Ergebnisse der Versuche stark beeinflußt, deshalb wurden auch Versuche angesetzt mit Raupen aus der Freiheit (Ausnahme bei Raupen des I. Stadiums). Parallel mit diesen Versuchen wurden aber doch die Versuche mit gezüchteten Raupen weitergeführt, um die Ergebnisse zum Vergleich heranziehen zu können.

Die Raupen aus der Freiheit stammten von Geisenfeld (Oberbayern). Diese Raupen waren von mir selbst während meiner dortigen Anwesenheit gesammelt worden und zwar aus Gebieten, die von der damaligen „Flugzeugbekämpfung“ nicht berührt wurden.

Bei Raupen im V. Stadium habe ich besonders darauf geachtet, daß die Versuchstiere nicht parasitiert waren. Parasitierte Raupen sind leicht an einem schwarzen Fleck zu erkennen, der von dem Stich zur Eiablage der Schlupfwespe herrührt.

I. Stadium.

Mit Raupen dieses Stadiums wurden im ganzen 26 Versuche angestellt. Sie verteilen sich wie folgt:

24 Versuche mit je 20 Raupen aus gezüchtetem Material und
2 Versuche mit je 5 und 10 Raupen aus Freilandmaterial.

In allen Fällen war die Wirkung des Arsens vortrefflich, namentlich bei den frischgeschlüpften Eiräupchen war sie überraschend. Die meisten von diesen gingen schon nach 1 Tag zugrunde und die übrig gebliebenen nach 2—4 Tagen, so daß sich eine mittlere Lebensdauer der Raupen von 1,05—1,4 Tagen ergab. (Tab. XI, Versuch 13, 15, 17 und 19.) Auch die schwache Bestäubung zeigte das gleiche Ergebnis. Hier konnte eine mittlere Lebensdauer von 1,6—2,3 Tagen festgestellt werden, die maximale Lebensdauer war nur 4—6 Tage. (Tab. XI, Versuch 14, 16, 18 und 20.) Selbstverständlich hatten die Raupen dabei wenig gefressen und wenig Kot abgelegt. So z. B. betrugen im Versuch mit Esturmit bei schwacher Bestäubung (Tab. XI, Versuch 14) die Fraßspuren auf 20 Nadeln nur 5,45 qmm, während im Kontrollversuch binnen 11 Tagen an 106 Nadeln 171 qmm gefressen wurden (Tab. XI, Versuch 22). Diese Feststellung zeigt uns, daß die Fraßspuren von 20 Raupen an bestäubtem Futter in 1 Tag an 10 Nadeln nur 2,7 qmm betrugen, während die Fraßspuren in 1 Tag im Kontrollversuch bei gleicher Nadelzahl 15,5 qmm ergaben.

Die ohne Nahrung gehaltenen Spannerräupchen lebten länger als die in Versuchen mit bestäubtem Futter, das beweist, daß die Räupchen an Vergiftung eingegangen waren. So z. B. betrug die mittlere Lebensdauer frischgeschlüpfter Raupen ohne Nahrung 3,4 Tage (Tab. XI, Versuch 23).

Die schon länger geschlüpften Eiräupchen haben Arsen relativ besser ertragen, jedoch waren auch in diesen Fällen alle Raupen zugrunde gegangen, obwohl doch eine Verlängerung der Lebensdauer im Vergleich zu den frischgeschlüpften Raupen zu konstatieren war. Diese älteren Raupen gingen durchschnittlich nach 2,9—3,55 Tagen bei starker Bestäubung ein (Tab. XI, Versuch 1 und 5) und nach 3,65—4,4 Tagen bei schwacher Bestäubung (Tab. XI, Versuch 2, 3 und 6). Aber merkwürdigerweise waren bei diesen Raupen die Fraßspuren unter gleichen Bedingungen geringer als bei den frischgeschlüpften. Bei Anwendung von Esturmit in starker Dosis z. B. haben die älteren Raupen des I. Stadiums

Tabelle

Bupalus piniarius L.

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Verrsuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen
		A. Gezüchtete Raupen. (Je 20 Stück.)		
1	1	Esturmit 200 mg. 300 Nadeln	3,55	3
2	2	Esturmit 100 „ 300 „	4,4	3
3	3	Esturmit 50 „ 300 „	3,9	3
4	4	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? 300 Nadeln	5,13	3
5	5	Aresin 200 mg. 300 Nadeln	2,9	2
6	6	Aresin 50 „ 300 „	3,65	2
7	7	Kontrollversuch 300 „	—	—
8	8	Hungerraupen. Esturmit 100 mg. 300 Nadeln	1,9	1
9	9	Hungerraupen. Esturmit 50 „ 300 „	1,75	1
10	10	Hungerraupen. Aresin 50 „ 300 „	1,0	1
11	11	Hungerraupen. Kontrollversuch. 300 „	—	—
12	12	Nach dem Schlüpfen ohne Nahrung. Esturmit 100 mg. 300 Nadeln	3/4	1/2
13	13	Frisch geschlüpfte Raupen. Esturmit 100 mg. 300 Nadeln	1,15	1
14	14	„ „ „ Esturmit 30 „ 300 „	1,95	1
15	15	„ „ „ Aresin 100 „ 300 „	1,05	1
16	16	„ „ „ Aresin 30 „ 300 „	2,3	1
17	17	„ „ „ Dusturan 100 „ 300 „	1,4	1
18	18	„ „ „ Dusturan 30 „ 300 „	1,6	1
19	19	„ „ „ Calciumarseniat 100 mg. 300 Nadeln	1,3	1
20	20	„ „ „ Calciumarseniat 30 „ 300 „	2,02	1
21	21	„ „ „ Vermeiden die Versuchstiere das Futter oder nicht?	8,5	2
22	22	Frisch geschlüpfte Raupen. Kontrollversuch. 300 Nadeln	—	—
23	23	„ „ „ Ohne Nahrung	3,4	2
24	24	10 „ „ „ Aus Versuch Nr. 17 nach 5 Stunden auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	2,67	1
		B. Raupen aus der Freiheit. (Je 5 und 10 Stück.)		
25	88	Calciumarseniat 30 mg. 150 Nadeln	3,7	1
26	89	5 aus Versuch Nr. 88 nach 15 Stunden auf nicht bestäubtes Futter gesetzt	3,5	1

XI.

(I. Stadium — 3 mm).

Maximale Lebensdauer der Raupen in Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	Zahl der befressenen Nadeln	Fraßoberfläche in qmm	Kotmenge mg	Arsengehalt mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
6	100	—	7	3,45	—	Spuren	1	
9	100	—	8	4,8	—	„	1	
9	100	—	10	6,3	—	„	1	
12	100	—	best. 7 | unb. 22	best. 7,4 | unb 37,7	3	„	1	
4	100	—	2	2,7	—	„	1	
13	100	—	12	15,5	6	„	1	
—	—	—	110	343	25	—	1	Nach 12 Tagen Versuch abgebrochen.
2	100	—	7	2,2	—	Spuren	1	
2	100	—	12	3,15	—	„	1	
1	100	—	6	1,5	—	„	1	
—	—	—	125	236,8	11	—	1	Nach 11 Tagen Versuch abgebrochen.
¾	100	—	18	6,3	—	Spuren	1	
3	100	—	19	4,65	—	„	1	
4	100	—	20	5,45	—	„	1	
2	100	—	14	3,09	—	„	1	
6	100	—	18	3,75	—	„	1	
4	100	—	17	4,5	—	„	1	
4	100	—	18	4,65	—	„	1	
3	100	—	10	1,95	—	„	1	
4	100	—	15	4,8	—	„	1	
15	100	—	best. 6 | unb. 22	best. 1,85 | unb. 34,35	—	„	1	
—	—	—	106	171	—	—	1	Nach 11 Tagen Versuch abgebrochen.
5	100	—	—	—	—	—	—	
5	95	5	11	18,3	—	Spuren	1	Nach 11 Tagen Versuch abgebrochen.
6	100	—	11	56	—	„	1	
7	80	20	148	3125	585	„	5	Puppen gesund.

auf 7 Nadeln nur 3,45 qmm gefressen (Tab. XI, Versuch 1), während die frischgeschlüpften Raupen auf 19 Nadeln 4,65 qmm fraßen (Tab. XI, Versuch 13). Dasselbe gilt für Aresin, nur die Versuche mit sehr schwacher Dosierung (Tab. XI, Versuch 3 und 6) machen eine Ausnahme.

Diese Tatsache, daß die älteren Raupen an bestäubtem Futter relativ weniger fressen als die frischgeschlüpften, erkläre ich dadurch, daß die letzteren nach dem Ausschlüpfen gleich gierig zu fressen anfangen und deshalb bis zum Tode mehr Nahrung aufnehmen als die älteren Raupen, die weniger gierig fressen und somit auch später eingehen.

Die angeführten Beobachtungen waren an gezüchteten Raupen gemacht worden, jedoch stimmen hier die Ergebnisse vollständig überein mit denen der Versuche von Raupen aus der Freiheit. Bei schwacher Bestäubung mit Calciumarseniat gingen diese Raupen durchschnittlich nach 3,7 Tagen zugrunde (Tab. XI, Versuch 88). Eine Abweichung bestand nur darin, daß die Freilandraupen etwas mehr gefressen haben als die gezüchteten. Bei weiteren Stadien jedoch werden wir sehen, daß sich ein großer Unterschied zwischen gezüchteten und aus der Freiheit stammenden Raupen bemerkbar macht. Es bestätigt sich also, daß bei den Eiraupen das Gift sehr rapid wirkt.

Daß die Raupen des I. Stadiums sehr stark unter der Einwirkung von Arsen stehen, war schon früher von K. Escherich[1]) beobachtet worden. In von ihm angestellten Versuchen mit frischgeschlüpften Eiräupchen war die Wirkung eine sehr starke. „Schon nach 1 Tag waren 90% der Räupchen und nach weiteren 24 Stunden der Rest eingegangen." Die Laboratoriumsveruche von Escherich fanden durch die von ihm am 27. Juli 1925 ausgeführte Bestäubung vom Flugzeug aus[2]) im Steinerschlag des Forstamtes Ensdorf ihre Bestätigung. Ähnliche Resultate hat auch Gasow[3]) berichtet.

Die vortreffliche Wirkung des Giftes auf die Raupen des I. Stadiums hat sich auch in anderer Beziehung geäußert. Es hat sich gezeigt, daß sogar nur 5—15stündiger Fraß auf bestäubten Nadeln genügt, die meisten Raupen zu töten, auch wenn sie nach dieser Zeit auf gesundem Futter weitergezüchtet wurden. Von den 20 Raupen des Versuchs Nr. 17 (mehlartige Bestäubung mit Dusturan) wurden 5 Stunden nach der Bestäubung 10 frischgeschlüpfte gezüchtete Raupen in Versuch Nr. 24 mit gesundem Futter gesetzt. Trotz der kurzen Einwirkung des Giftes war das Ergebnis dieses Versuches dem Ergebnis des Versuches Nr. 17 fast ähnlich. In beiden Fällen waren die Raupen durchschnittlich nach 1,4 Tagen (Ver-

[1]) Escherich, K., Die „Flugzeugbekämpfung" des Kiefernspanners im bayerischen Forstamt Ensdorf. Fcrtw. Z.-Bl. 1926.

[2]) Dasselbe.

[3]) Gasow, H., Forstentomologische Untersuchungen II. Teil. Versuche über die Wirksamkeit staubförmiger Chemikalien gegen die Raupen des Kiefernspanners (*Bupalus piniarius* L.). Arb. a. d. Biol. R. A., Bd. 15, H. 1, 1926, S. 90.

such 17) und 2,6 Tagen (Versuch 24) gestorben, nur mit dem Unterschied, daß in Versuch Nr. 24 eine Raupe sich weiterentwickelt hat. Ähnliches zeigten die Versuche mit älteren Raupen im I. Stadium aus der Freiheit. Von den 10 Raupen des Versuchs Nr. 88, welcher mit Calciumarseniat bestäubte Zweige enthielt, wurden 5 Raupen nach 15stündigem Fraß in Versuch Nr. 89 auf gesundes Futter gesetzt (Tab. XI). Während im ersten Versuch alle Raupen zugrunde gingen, hat sich im zweiten Versuch von 5 Raupen nur eine verpuppt.

Zur Feststellung, ob die Raupen das bestäubte Futter meiden, wurde ein Futterzweig halb bestäubt und halb unbestäubt gelassen und die Raupen zur Hälfte auf den bestäubten Teil des Zweiges und zur Hälfte auf den unbestäubten gesetzt (Tab. XI, Versuch 4). Im zweiten Versuch war der untere Teil bestäubt und die Raupen wurden alle auf den oberen, unbestäubten Teil gesetzt (Tab. XI, Versuch 21). In beiden Fällen hatten die Raupen bestäubtes Futter gefressen, obwohl auch unbestäubtes erreichbar war; sie waren alle an Vergiftung eingegangen. So betrug z. B. im Versuch Nr. 4 die mittlere Lebensdauer der Raupen 5,3 Tage und im Versuch Nr. 21 8,5 Tage Auch hier waren die Raupen, wie wir schon öfters gesehen haben, obwohl sie auf den unbestäubten Teil gesetzt wurden, schon am zweiten Tag teilweise auf den bestäubten Teil übergewandert und haben dort gefressen. Allerdings muß gesagt sein, daß die Raupen von den unbestäubten Nadeln mehr gefressen haben als von den bestäubten. So z. B. waren in Versuch Nr. 21 auf dem bestäubten Teil an 6 Nadeln 1,85 qmm, auf dem unbestäubten Teil an 22 Nadeln 34,35 qmm gefressen worden. Dieser Unterschied in der Fraßmenge ist erklärlich, da die Raupen durch die Einwirkung des aufgenommenen Giftes die Freßlust verloren hatten und zugrunde gingen, während auf unbestäubten Nadeln die Raupen ruhig weiterfraßen, bis sie auf die bestäubten übergingen und dann ebenfalls starben.

Ohne Nahrung gehaltene Raupen standen auch hier stärker unter dem Einfluß des Arsens als nicht hungernde. Wenn die Raupen nur 1—2 Tage gehungert hatten, war der Unterschied nicht so merklich (Tab. XI, Versuch 8—10), als wenn sie vorher längere Zeit, 5 bis 10 Tage, gehungert hatten (Versuch Nr. 12). So zeigte z. B. dieser letzte Versuch (Nr. 12), daß die Raupen bereits nach 18 Stunden alle zugrunde gegangen waren, während in anderen Versuchen mit normalen Raupen unter gleichen Bedingungen alle durchschnittlich erst nach 4,4 Tagen gestorben waren (Tab. XI, Versuch 2). Dabei hatten die Hungerraupen verhältnismäßig mehr gefressen (an 18 Nadeln 6,3 qmm) als nicht hungernde (an 8 Nadeln 4,8 qmm), was ihren Tod beschleunigte. Die Hauptursache der größeren Hinfälligkeit ist hier in der allgemeinen Schwächung durch Hunger zu suchen; das gleiche wurde schon bei Nonnenraupen erwähnt.

In allen Versuchen mit vergiftetem Futter zeigten die Raupen typische Vergiftungserscheinungen. Die Erkrankung äußerte sich darin, daß die

Raupen zuerst weniger fraßen und immer träger wurden; schließlich hörten sie mit dem Fressen ganz auf, hingen dann meistens an ihrem Spinnfaden herunter und gingen so zugrunde und vertrockneten (Abb. 6). Manche blieben auch auf den Nadeln und starben dort ab.

In allen solchen Raupen wurde durch die Untersuchung Arsen festgestellt, die Menge pro Raupe war aber so gering, daß es nicht möglich war, sie in Zahlen auszudrücken (Spuren). Dies zeigt, daß die Raupen des I. Stadiums sehr stark unter dem Einfluß von Arsen stehen und nur ganz geringe Mengen notwendig sind, um diese zu töten.

Abb. 6. Eiräupchen von *Bupalus piniarius* L., an Vergiftung zugrunde gegangen, am Gespinstfaden hängend. 6mal vergr. Orig. (phot. Seiff).

Wie wir schon oben gesehen haben, wirkte im allgemeinen Arsen vortrefflich und sehr rasch, trotzdem war noch etwas merklicher Unterschied in der Wirkung der verschiedenen Mittel zu konstatieren. Bei starker Bestäubung hat auf die frisch geschlüpften Eiräupchen Aresin am besten gewirkt, da schon nach 2 Tagen alle Raupen gestorben waren und die mittlere Lebensdauer 1,05 Tage (Tab. XI, Versuch 15) betrug. Dabei war der Nahrungsverbrauch verhältnismäßig groß (an 14 Nadeln 3,09 qmm). Diese Tatsache findet ihre Erklärung darin, daß das Pulver außerordentlich fein ist, so daß die Raupen mit dem Futter in kurzer Zeit eine größere Menge Gift aufnehmen als von grobkörnigeren Mitteln wie z. B. Calciumarseniat, das sich leicht zusammenballt und dann von den fressenden Raupen zur Seite geschoben und heruntergeworfen wird.

Esturmit steht bei starker Bestäubung an zweiter Stelle. Es ergab sich hier eine mittlere Lebensdauer der Raupen von 1,15 Tagen (Tab. XI, Versuch 13). Als nächstes Mittel wäre Calciumarseniat zu nennen, wo eine mittlere Lebensdauer der Raupen von 1,3 Tagen festzustellen war (Tab. XI, Versuch 19). Den letzten Platz nimmt Dusturan ein, da die Raupen durchschnittlich 1,4 Tage lebten (Tab. XI, Versuch 17).

Bei schwacher Bestäubung dagegen war die Reihenfolge in der Wirkung der verschiedenen Mittel eine andere. Hier hat den ersten Platz Dusturan eingenommen (mittlere Lebensdauer der Raupen 1,6 Tage — Tab. XI, Versuch 18). An die zweite Stelle ist Esturmit getreten, das die Raupen nach durchschnittlich 1,95 Tagen tötete (Tab. XI, Versuch 14).

Nach dem Esturmit ist Calciumarseniat zu nennen mit einer mittleren Lebensdauer der Raupen von 2,02 Tagen (Tab. XI, Versuch 20). Am geringsten war die Wirkung bei Aresin, bei welchem die Raupen durchschnittlich 2,3 Tage lebten (Tab. XI, Versuch 16).

Schlußfolgerungen.

1. Auf Raupen des I. Stadiums von *Bupalus piniarius* wirken die arsenhaltigen Staubmittel vortrefflich. Binnen kurzer Zeit gehen alle Raupen sogar bei schwacher Bestäubung restlos zugrunde.
2. Die frischgeschlüpften Raupen sind der Arsenwirkung mehr unterworfen als ältere desselben Stadiums. Bei starker wie bei schwacher Bestäubung gingen die ersteren durchschnittlich nach 1,05—2,3 Tagen, Maximum nach 2—6 Tagen zugrunde.
3. Bei älteren Raupen des I. Stadiums braucht das Gift schon relativ längere Zeit, um tötlich zu wirken. Die Raupen gingen hier durchschnittlich nach 2,9—4,4 Tagen, Maximum nach 4—13 Tagen ein.
4. 5stündiger Fraß auf bestäubten Nadeln genügt, um fast alle frischgeschlüpften Raupen binnen 5 Tagen zu töten, auch wenn sie auf gesundem Futter weitergezüchtet wurden. Bei älteren Raupen dieses Stadiums war nach 15stündigem Fraß an vergifteten Nadeln das Verhältnis ein ähnliches.
5. Die Raupen meiden das bestäubte Futter nicht, selbst bei Vorhandensein von unbestäubtem. Sie fressen aber von unbestäubten Nadeln mehr als von bestäubten, da die Einwirkung des Giftes die Freßlust beeinträchtigt.
6. Raupen, die vor den Versuchen gehungert hatten, gehen, an bestäubtes Futter gesetzt, schneller an Vergiftung zugrunde als Raupen, die vorher normal gefüttert wurden. Die Ursache hierfür ist die Freßgier und die durch Hunger erzeugte allgemeine Schwächung.
7. Vergiftete Raupen zeigten typische Vergiftungserscheinungen, kurz vor dem Tode hängen sie meistens an ihrem Spinnfaden herunter und vertrocknen.
8. In allen toten Raupen wurde Arsen festgestellt, aber die Menge pro Raupe war äußerst gering (Spuren).
9. Alle Staubmittel erwiesen sich gegen die Raupen im I. Stadium als sehr gut. Am besten wirkte Aresin bei starker Bestäubung, bei schwacher Bestäubung jedoch war Dusturan an erster Stelle.

II. Stadium.

Hier habe ich im ganzen 14 Versuche mit je 10 Raupen aus der Freiheit und 16 Versuche mit je 10 gezüchteteu Raupen angestellt.

Wenn wir die Versuchsergebnisse dieses Stadiums mit denen des I. Stadiums vergleichen, so zeigt sich, daß die Raupen des II. Stadiums widerstandsfähiger sind als die des I. Es gingen zwar auch hier im

großen und ganzen alle Raupen an Vergiftung zugrunde (mit Ausnahme von Uraniagrün), jedoch erst nach längerer Zeit.

Diese Widerstandsfähigkeit gegenüber den Raupen des I. Stadiums äußerte sich einmal darin, daß die Raupen des II. Stadiums bei starker Bestäubung (Tab. XII) durchschnittlich erst nach 3,6—7,6 Tagen eingingen und dann darin, daß die maximale Lebensdauer viel höher war als bei Raupen des I. Stadiums: 6—13 Tage (Tab. XII, Versuch 74, 76, 78 und 80). Bei schwacher Bestäubung war die Wirkung des Giftes geringer. Hier gingen die Raupen durchschnittlich nach 8,1—33,4 Tagen, Maximum nach 18—69 Tagen zugrunde, so daß zwei- bis fünfmaliger Austausch des bestäubten Futters notwendig war (Tab. XII, Versuch 75, 77 und 81).[1])

Diese größere Widerstandsfähigkeit ist wie bisher durch das Ansteigen der minimalen tödlichen Dosis mit dem Wachstum der Raupen zu erklären. Es darf jedoch nicht außer Acht gelassen werden, daß im allgemeinen die Eiräupchen hinfälliger sind als die Einhäuter. Daß dem wirklich so ist, zeigt der Versuch mit hungernden Raupen. Die Raupen im II. Stadium konnten ohne Nahrung durchschnittlich 7,4 Tage leben, wobei die ersten Raupen nach 4 Tagen eingingen (Tab. XII, Versuch 87), während die Raupen im I. Stadium dagegen durchschnittlich nach 3,4 Tagen und die ersten schon nach 2 Tagen gestorben waren (Tab. XI, Versuch 23).

Raupen dieses Stadiums wurden auch an mit Uraniagrün vergiftetes Futter gesetzt. Es hat sich gezeigt, daß die Raupen des II. Stadiums nur ganz gering auf die normale Lösung von Uraniagrün reagieren. Die Raupen gingen sehr langsam zugrunde, und 10% war es möglich, sich weiter zu entwickeln. Die mittlere Lebensdauer von diesen Tieren ist mit 25,9 Tagen festzulegen (Tab. XII, Versuch 82), und es war dadurch notwendig geworden, das Futter siebenmal zu erneuern. Zu demselben Resultat kam der Versuch mit gezüchteten Raupen (Tab. XII, Versuch 38), wo die Raupen sogar länger gelebt haben als im Kontrollversuch. So betrug die mittlere Lebensdauer im Versuch mit Uraniagrün 24 Tage, im Kontrollversuch aber war die mittlere Lebensdauer nur 16,6 Tage (Tab. XII, Versuch 37). Dabei waren im ersten Fall (Versuch Nr. 38) an 144 Nadeln 958,5 qmm gefressen worden und im 2. Fall (Versuch Nr. 37) an 84 Nadeln 612,8 qmm. (Ich neige zu der Vermutung, daß hier, ähnlich wie es Speyer bei polyederkranken Raupen beobachtet hat, das Arsen auf gezüchtete Raupen, die stets hinfälliger sind als Freilandraupen, erholend wirkt.)

Ein interessantes Ergebnis zeigte sich, wenn die Raupen dieses Stadiums von bestäubtem Futter auf unbestäubtes gesetzt wurden. Aus

[1]) Eine Ausnahme sowohl bei starker als auch bei schwacher Bestäubung (Tab. XII Versuch 78 und 79) machte Calciumarseniat. Die Ursache liegt in dem hohen Arsengehalt des Mittels.

dem Versuch Nr. 78, der stark mit Calciumarseniat bestäubtes Futter enthielt, wurde ein Teil der Raupen nach 18stündigem Fraß auf gesundes Futter gesetzt (Versuch Nr. 86). Von diesen Tieren konnten sich 12,5 % erholen und haben sich später auch verpuppt. 87,5 % jedoch waren innerhalb 7 Tagen zugrunde gegangen, diese ergaben eine mittlere Lebensdauer von 3,57 Tagen. Die auf bestäubtem Futter gebliebenen Raupen (Versuch 78) waren nach durchschnittlich 2,2 Tagen gestorben.

Daß die Raupen das bestäubte Futter nicht meiden, zeigte deutlich der Versuch Nr. 86 (Tab. XII), welcher in gleicher Weise angestellt wurde wie bei Raupen des I. Stadiums. Obwohl der obere Teil des Futterzweiges nicht bestäubt war, war nur ein geringer Teil der Raupen dorthin gewandert, alle übrigen waren auf dem bestäubten Teil geblieben und zugrunde gegangen. Aber auch die abgewanderten Raupen waren nach kurzer Zeit wieder auf das vergiftete Futter zurückgekehrt. Dieselbe Erscheinung hat sich im Versuch mit gezüchteten Raupen gezeigt (Tab. XII, Versuch 35). Es haben also die Raupen nie bestäubtes Futter gemieden, aber doch, wie immer, von dem unbestäubten Futter mehr gefressen als von dem bestäubten. Im Versuch Nr. 85 z. B. waren an 13 bestäubten Nadeln 98 qmm und an 26 unbestäubten Nadeln 221 qmm gefressen worden. Die Ursache hierfür bleibt die gleiche wie bei Raupen des I. Stadiums.

Die Untersuchung der an vergiftetem Futter gestorbenen Raupen ergab auch diesmal nur geringe Mengen von Arsen pro Raupe (Spuren), nur in einigen Fällen konnte ein Arsengehalt von 0,0001—0,0005 mg nachgewiesen werden. Im Vergleich mit den Raupen des I. Stadiums zeigt sich also, daß die tödliche minimale Dosis mit dem Wachstum der Raupen gestiegen ist.

Die Vergiftungserscheinungen waren ungefähr die gleichen wie bei den Raupen des I. Stadiums. Ein Unterschied bestand nur darin, daß die Raupen jetzt nicht mehr so häufig am Spinnfaden hingen, sondern meistens auf den Nadeln blieben oder zu Boden fielen.

Der Unterschied in der Wirkung der verschiedenen Mittel auf die Raupen dieses Stadiums war deutlicher ausgeprägt als bei den Raupen im vorigen Stadium.

Wie gewöhnlich hat Calciumarseniat am besten gewirkt. Interessant ist die Erscheinung, daß bei starker Bestäubung die Versuche mit Raupen aus der Freiheit und mit gezüchteten Raupen ganz ähnliche Ergebnisse erzielten. In beiden Fällen war die mittlere Lebensdauer der Raupen 2,2 Tage (Tab. XII, Versuch 78 und 31). Sogar die schwache Bestäubung mit Calciumarseniat wirkte besser als die starke Bestäubung von Esturmit und Dusturan. Bei schwacher Bestäubung mit Calciumarseniat war die mittlere Lebensdauer 5 Tage (Tab. XII, Versuch 79). Höchst stand dem Calciumarseniat in beiden Fällen nach. Bei starker Bestäubung ergab sich eine mittlere Lebensdauer der Raupen von 3,6 Tagen (Tab. XII, Versuch 89), während bei der schwachen Bestäubung erst nach durch-

Tabelle

Bupalus piniarius L.

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen
		A. Raupen aus der Freiheit. (Je 10 Stück.)		
1	74	Esturmit 80 mg. 150 Nadeln	5,6	3
2	75	Esturmit 30 „ 150 „	33,4	8
3	76	Dusturan 80 „ 150 „	7,6	3
4	77	Dusturan 30 „ 150 „	10,8	4
5	78	Calciumarseniat 80 mg. 150 Nadeln	2,2	1
6	79	Calciumarseniat 30 „ 150 „	5	2
7	80	Höchst 80 mg. 150 Nadeln	3,6	2
8	81	Höchst 30 „ 150 „	8,1	5
9	82	Uraniagrün, Normallösung, bespritzt. 150 Nadeln	25,9	2
10	83	Uraniagrün, doppelt starke Lösung. 150 „	6,4	2
11	84	Kontrollversuch. 150 Nadeln.	59,1	35
12	85	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? 150 Nadeln	9,2	2
13	86	Aus Versuch Nr. 78 nach 18 Stunden auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. 150 Nadeln	3,57	2
14	87	Ohne Nahrung	7,4	4
		B. Gezüchtete Raupen. (Je 10 Stück.)		
15	25	Esturmit 70 mg. 150 Nadeln	3,1	1
16	26	Esturmit 30 „ 150 „	4,9	3
17	27	Aresin 70 „ 150 „	8,2	2
18	28	Aresin 30 „ 150 „	44,3	3
19	29	Dusturan 70 „ 150 „	3,3	2
20	30	Dusturan 30 „ 150 „	20,6	2
21	31	Calciumarseniat 70 mg. 150 Nadeln	2,2	1
22	32	Calciumarseniat 30 „ 150 „	4	2
23	33	Höchst 70 mg. 150 Nadeln	3,3	2
24	34	Höchst 30 „ 150 „	12	2
25	35	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? 150 Nadeln	3,8	1
26	36	Aus Versuch Nr. 31 nach 1 Tage auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. 150 Nadeln	7,9	2
27	37	Kontrollversuch. 150 Nadeln	16,6	6
28	38	Uraniagrün, Normallösung, bespritzt. 150 Nadeln	24	4
29	39	Uraniagrün, doppelt starke Lösung. 150 „	5,5	2
30	40	Ohne Nahrung.	6,6	2
31	41	Aus Versuch Nr 31 nach 2 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. 150 Nadeln	32	1

XII.
(II. Stadium — 7 mm).

Maximale Lebensdauer der Raupen in Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	Zahl der befressenen Nadeln	Fraßoberfläche in qmm	Kotmenge in mg	Arsengehalt in mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
10	100	—	23	112	—	Spuren	1	
69	100	—	287	4528	365	0,0001	5	
13	100	—	22	93	—	Spuren	1	
25	100	—	34	299	15	„	2	
3	100	—	14	58	—	„	1	
10	100	—	17	76	—	„	1	
6	100	—	10	36	—	„	1	
18	100	—	24	117	3	„	2	
82	90	10	352	6571	448	0,0005	7	Puppe gesund.
22	100	—	23	253	5	Spuren	2	
97	90	10	694	14 334	1080	—	8	Puppe gesund.
18	100	—	best. | unb. 13 | 26	best. | unb. 98 | 221	10	Spuren	1	
7	87,5	12,5	99	2029	405	„	5	Puppe gesund.
10	100	—	—	—	—	—	—	
6	100	—	8	7,2	—	Spuren	1	
6	100	—	12	13,8	—	„	1	
19	100	—	35	39,7	5	„	2	
96	100	—	332	2601	121	„	8	
8	100	—	7	9,75	—	„	1	
43	100	—	128	1072,2	40	„	4	
3	100	—	17	24,45	—	„	1	
8	100	—	15	16,5	—	„	1	
6	100	—	8	5,7	—	„	1	
26	100	—	46	105,7	14	„	2	
6	100	—	best. | unb. 8 | 4	best. | unb. 18,6 | 6	—	„	1	
17	80	20	246	4393,8	1070	„	10	Puppen eingegangen.
46	100	—	84	612,8	70	—	4	
45	100	—	144	958,5	48	Spuren	4	
9	100	—	24	49,5	2	„	1	
9	100	—	—	—	—	—	—	
82	100	—	270	3654,5	342	0,0005	7	

schnittlich 8,1 Tagen die Tiere eingingen. Hier machte die längere Lebensdauer sogar ein zweimaliges Wechseln des Futters notwendig (Tab. XII, Versuch 81). Esturmit wirkte noch schwächer, bei starker Bestäubung betrug die mittlere Lebensdauer 5,6 Tage, (Tab. XII, Versuch 74). Es war jedoch immer noch besser als Dusturan, welches bei starker Bestäubung eine mittlere Lebensdauer der Raupen von 7,6 Tagen zeigte (Versuch 76). Bei schwacher Bestäubung jedoch übertraf Dusturan das (Esturmit. So war bei letzterem die mittlere Lebensdauer der Raupen 33,4 Tage (Tab. XII, Versuch 75), während im Versuch Nr. 77, wo die Futterzweige schwach mit Dusturan bestäubt waren, die mittlere Lebensdauer nur 10,8 Tage betrug. Bei gezüchteten Raupen hat stets das Esturmit besser gewirkt als Dusturan, sowohl bei starker als auch bei schwacher Bestäubung (Tab. XII, vgl. Versuch 25 und 26 mit 29 und 30).

Mit Aresin waren mit Raupen aus der Freiheit keine Versuche angestellt worden. Die Ergebnisse mit gezüchteten Raupen jedoch haben gezeigt, daß Aresin auch hier wie gewöhnlich an letzter Stelle stand. Es wirkte schwächer als alle Staubmittel sowohl bei schwacher als auch bei starker Bestäubung (Tab. XII, Versuch 27 und 28). Bei schwacher Bestäubung haben die Raupen sehr lange gelebt und waren erst nach 8maligem Futteraustausch gestorben. Dabei betrug die mittlere Lebensdauer 44,3 Tage (Tab. XII, Versuch 28).

Wenn die normale Lösung von Uraniagrün auch eine sehr geringe Wirkung ausübte, so war die doppelt starke Lösung doch verhältnismäßig gut. Diese übertraf Esturmit, Dusturan und Aresin in schwacher Anwendung. Die mittlere Lebensdauer bei doppelt starker Lösung war 6,4 Tage (Tab. XII, Versuch 83).

Schlußfolgerungen.

1. Auf die Raupen des II. Stadiums wirkt Arsen verhältnismäßig geringer als auf die Raupen des I. Stadiums; diese Raupen gehen viel später an Vergiftung ein als die Eiräupchen.
2. Bei starker Bestäubung gehen die Raupen durchschnittlich nach 3,6—7,6 Tagen zugrunde (Ausnahme bei Calciumarseniat).
3. Bei schwacher Bestäubung waren die Raupen durchschnittlich nach 8,1—33,4 Tagen tot und war deshalb 2- bis 5maliger Futteraustausch notwendig.
4. Die Ursache dieser größeren Widerstandsfähigkeit der Raupen des II. Stadiums im Vergleich mit Raupen des I. Stadiums ist darin zu suchen, daß die minimale tödliche Dosis mit dem Wachstum der Raupen wächst und dann weiter in der größeren Hinfälligkeit der Eiräupchen im allgemeinen.
5. 18stündiger Fraß auf stark mit Calciumarseniat bestäubtem Futter genügt, auch wenn die Raupen dann auf gesundem Futter weitergezüchtet werden, um 87,5% davon zu töten (binnen 7 Tagen).

6. Die Raupen meiden das bestäubte Futter nicht, auch bei Vorhandensein von unbestäubtem, doch fressen sie von unbestäubtem Futter mehr, wofür die Erklärung schon öfters gegeben wurde.
7. Die Raupen aus Versuchen mit vergiftetem Futter zeigen dieselben Vergiftungserscheinungen wie Raupen im I. Stadium, es hängen jedoch nicht mehr soviele an ihrem Spinnfaden, sondern verenden an den Nadeln oder am Boden.
8. Der Arsengehalt in solchen Raupen beträgt pro Raupe von Spuren bis 0,0005 mg, was im Vergleich mit Raupen des I. Stadiums beweist, daß die minimale tödliche Dosis gestiegen ist.
9. Von den angewendeten Staubmitteln wirkte Calciumarseniat sowohl bei starker als auch bei schwacher Anwendung am besten. Geringer war die Wirkung bei Höchst und Esturmit. Noch geringer wirkte Dusturan, und den letzten Platz nahm Aresin ein.
10. Die Wirkung der Normallösung von Uraniagrün war nicht genügend, um alle Raupen zu töten. 10% konnten sich verpuppen, und die übrigen Raupen sind durchschnittlich nach 25,9 Tagen eingegangen, obwohl das Futter 7mal erneuert wurde. Die doppelt starke Wirkung wirkte besser, da sie Esturmit, Dusturan und Aresin bei schwacher Bestäubung übertraf.

III. Stadium.

In diesem Stadium wurden 14 Versuche mit je 10 Raupen aus der Freiheit und 15 Versuche mit je 8 gezüchteten Raupen angestellt.

Die Raupen dieses Stadiums reagierten auf Arsen ungefähr so wie die Raupen des II. Stadiums, obwohl sie etwas länger gelebt (Ausnahme Calciumarseniat) und mehr Futter gefressen hatten als diese (vgl. Tab. XIII mit Tab. XII), schließlich aber wirkte das Gift doch gründlich. Sogar bei schwacher Bestäubung gingen alle Raupen zugrunde (Tab. XIII, Versuch 100, 102, 104, 106), während sich im Kontrollversuch 60% verpuppt haben (Tab. XIII, Versuch 110). Ein besonders charakteristisches Bild zu diesem Fall gibt der Versuch mit Uraniagrün in normaler Lösung, wo alle Raupen an Vergiftung zugrunde gingen, wenn auch erst nach längerer Zeit — mittlere Lebendauer der Raupen 49,4 Tage — (Tab. XII, Versuch 107).

Diese gute Wirkung des Arsens auf die Raupen des III. Stadiums erklärt sich daraus, daß diese bedeutend mehr fressen als die des II. Stadiums (1 frisch gehäutete Raupe II. Stadiums frißt an 1 Tag an 0,5 Nadeln 1,72 qmm, Tab. XII, Versuch 84, während 1 Raupe III. Stadiums an 1,2 Nadeln 14,4 qmm frißt, Tab. XIII, Versuch 110). Gewiß, parallel mit dieser Freßlust der Raupe wächst auch die minimale tödliche Dosis mit dem Wachstum der Raupe, aber die gesteigerte Nahrungsaufnahme ist so groß (und damit die aufgenommene Giftmenge), daß die größere tödliche Minimaldosis dadurch gedeckt wird. Vom III. Stadium ab fangen die

Tabelle

Bupalus piniarius L.

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen
		A. Raupen aus der Freiheit. (Je 10 Stück.)		
1	99	Esturmit 150 mg. 300 Nadeln	7,5	2
2	100	Esturmit 50 „ 300 „	19,7	8
3	101	Dusturan 150 „ 300 „	3,6	2
4	102	Dusturan 50 „ 300 „	7,6	2
5	103	Calciumarseniat 150 mg. 300 Nadeln	2,47	2
6	104	Calciumarseniat 50 „ 300 „	5,5	2
7	105	Höchst 150 mg. 300 Nadeln	4,3	2
8	106	Höchst 50 „ 300 „	10,9	3
9	107	Uraniagrün, Normallösung, bespritzt. 300 Nadeln	49.4	20
10	108	Uraniagrün, doppelt starke Lösung, bespritzt. 300 Nadeln	10,8	2
11	109	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? 300 Nadeln	5,6	2
12	110	Kontrollversuch. 300 Nadeln	5.3	25
13	111	Aus Versuch Nr. 103 nach 1 Tag auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. 300 Nadeln	2,5	2
14	112	Ohne Nahrung	4	2
		B. Gezüchtete Raupen. (Je 8 Stück.)		
15	42	Esturmit 70 mg. 150 Nadeln	58	4
16	43	Esturmit 30 „ 150 „	46,1	4
17	44	Aresin 70 „ 150 „	6,75	3
18	45	Aresin 30 „ 150 „	30,7	5
19	46	Dusturan 70 „ 150 „	11,63	3
20	47	Dusturan 30 „ 150 „	19,75	5
21	48	Calciumarseniat 70 mg. 150 Nadeln	5,12	3
22	49	Calciumarseniat 30 „ 150 „	11,37	4
23	50	Höchst 70 mg. 150 Nadeln	4,75	3
24	51	Höchst 30 „ 150 „	5,63	3
25	52	Kontrollversuch. 150 Nadeln	57,5	18
26	53	Ohne Nahrung	12,5	12
27	54	Aus Versuch Nr. 48 nach 3 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. 150 Nadeln	9,87	4
28	55	Uraniagrün, Normallösung, bespritzt. 150 Nadeln	26,37	2
29	56	Uraniagrun, doppelt starke Lösung. 150 Nadeln	19,13	8

XIII.

(III. Stadium — 10 mm).

Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	Zahl der befressenen Nadeln		Fraßoberfläche in qmm		Kotmenge mg	Arsengehalt mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
			best.	unb.	best.	unb.				
14	100	—	31		254		7	Spuren	2	
58	100	—	130		1658		63	„	4	
9	100	—	6		63		3	„	1	
24	100	—	61		705		29	0,0004	2	
3	100	—	15		98		5	Spuren	1	
11	100	—	26		248		9	„	2	
8	100	—	13		104		3	„	1	
24	100	—	61		851		27	0,004	2	
72	100	—	529		10488		635	0,002	6	
35	100	—	80		935		40	0,0004	3	
11	100	—	8	25	68	264	12	Spuren	1	
79	40	60	841		19628		3003	—	6	Puppen gesund
3	80	20	148		3580		125	0.002	7	„ „
9	100	—	—		—		—	—	—	
13	100	—	19		123		4	Spuren	1	
109	100	—	367		6528		570	0,003	8	
11	100	—	14		76		9	Spuren	1	
99	75	25	342		6912		1322	0,002	7	Puppen eingegangen
30	100	—	41		472		15	Spuren	2	
37	100	—	69		985		42	„	3	
8	100	—	16		87		6	„	1	
23	100	—	38		397		12	„	2	
8	100	—	16		69		5	„	1	
8	100	—	17		99		6	„	1	
95	100	—	401		6897		685	„	7	
13	100	—	—		—		—	—	—	
23	100	—	36		381		10	Spuren	2	
62	100	—	130		1710		80	„	4	
35	100	—	78		1223		90	„	3	

meisten Raupen an, die Nadeln von den Rändern her tief zu befressen (Schartenfraß), und dadurch fressen sie selbstverständlich viel mehr als die Raupen im I. und II. Stadium, wo die Nadeln teilweise nur oberflächlich in Form einer schmalen Rinne angegangen werden.

Diese große Freßlust der Raupen des III. Stadiums war auch im Versuch mit hungernden Raupen zu beobachten. Da sie ein großes Nahrungsbedürfnis haben, konnten sie auch nicht lange ohne Futter sein und waren durchschnittlich nach 4 Tagen tot, während die Raupen im II. Stadium bekanntlich erst nach 7,4 Tagen eingingen (vgl. Tab. XIII, Versuch 112 mit Tab. XII, Versuch 87).

Im großen und ganzen gingen bei starker Bestäubung die Raupen durchschnittlich nach 2,47—7,5 Tagen zugrunde (Tab. XIII, Versuch 99, 101, 103, 105), so daß das Futter nicht erneuert werden mußte (Ausnahme bei Esturmit, Tab. XIII, Versuch 99).

Bei schwacher Bestäubung betrug die mittlere Lebensdauer der Raupen für alle Staubmittel 5,5—19,7 Tage, dabei war 2—4maliger Austausch des Futters notwendig (Tab. XIII, Versuch 100, 102, 104 und 106).

Diese Ergebnisse der Laboratoriumsversuche fanden durch Versuche im Freien ihre Bestätigung. In Geisenfeld[1]) wählte ich für meine Zwecke in einem Kiefernbestand 9 junge Kiefern von ungefähr Mannshöhe. Dabei war ich darauf bedacht, daß die zu bestäubenden Kiefern ziemlich weit von einander standen, damit sich die verschiedenen Staubmittel durch Wind nicht vermischen konnten. Auf jeden Versuchsbaum hatte ich 100 Raupen gesetzt, von denen die meisten im III. Stadium, standen und ein kleiner Teil im II. Stadium, die kurz vor der Häutung waren. Unter jeden solchen Baum wurde ein großer Bogen weißes Packpapier sorgfältig ausgebreitet, dessen Ränder mit Raupenleim bestrichen waren, damit die heruntergefallenen Raupen nicht wegkriechen konnten oder durch den Wind weggeblasen wurden (Abb. 7). Die Bestäubung bezw. Bespritzung wurde mit 5 Mitteln vorgenommen (Esturmit, Dusturan, Calciumarseniat, Höchst und normale Lösung von Uraniagrün). In einem Fall wurden die Versuchsbäume mehlartig bestäubt, im andern schwach bestäubt (nur $^1/_3$—$^1/_4$ der Nadeloberfläche war mit Gift bedeckt). Schon am 6. Tage nach der Bestäubung waren auf den starkbestäubten Bäumen von 100 Raupen 90—95 tot, und nach weiteren 9 Tagen war keine lebende Raupe mehr zu finden. Die Wirkung des Giftes war so rapid, daß Fraßspuren kaum vorhanden waren. Auf diese Weise war die mittlere Lebensdauer der Raupen sehr niedrig, wie es ähnlich bei den Versuchen im Laboratorium unter gleichen Bedingungen

[1]) Den Herren des Forstamtes Geisenfeld, die mir bei diesen Versuchen hilfsbereit zur Seite standen, möchte ich hier meinen besonderen Dank aussprechen. Gleichzeitig möchte ich auch Herrn Dr. Schuberth herzlichst danken für die Überlassung seiner Aufzeichnungen über die Wetterlage in Geisenfeld während meiner Versuche sowie für die Übersendung der Nonnenraupen.

war, 6,5 bis 6,9 Tage (Tab. XIV). Auf den Bäumen mit schwacher Bestäubung war die Wirkung dementsprechend schwächer. Am 6. Tag nach der Bestäubung waren hier von 100 Raupen 5—10 zugrunde gegangen, die anderen waren sehr lebhaft und fraßen weiter (Abb. 8). Da schon am 2. Tag nach der Bestäubung Regen eintrat und am 6. Tag, an welchem die Kontrolle stattfand, alle Mittel abgewaschen waren, war eine nochmalige Bestäubung und Bespritzung nötig. Trotz dieser Wiederholung

Abb. 7. Versuchsbäume in Geisenfeld mit untergelegtem Papier, das am Rand mit Raupenleim bestrichen ist (schwarze Umrandung). Orig. (phot. Seiff).

waren 9 Tage später doch noch die Hälfte der Raupen am Leben geblieben. Da das Gift nach ca. 2 Tagen wiederum durch Regen abgewaschen wurde, wurde die Bestäubung diesmal nicht mehr wiederholt, und 28 Tage nach der ersten Bestäubung wurden alle am Leben gebliebenen Raupen nach München verbracht und dort im Laboratorium mit gesundem Futter weitergezüchtet. Solcherweise haben sich von den Raupen schwach bestäubter Bäume 16—20% verpuppt (Tab. XIV, Versuch 95, 96, 97, 98).

Daraus folgt, daß die schwache Bestäubung auch schwach gewirkt hat, selbst die Wiederholung der Bestäubung (nach 6 Tagen), nachdem das

Gift durch den Regen abgewaschen war, genügte nicht alle Raupen zu töten. Diese Tatsache stimmt mit den Ergebnissen im Laboratorium überein, wo die Raupen, wie oben erwähnt, erst nach längerer Zeit und bei ständigem Vorhandensein von frischbestäubtem Futter (2—4maligem Futterwechsel) zugrunde gegangen waren.

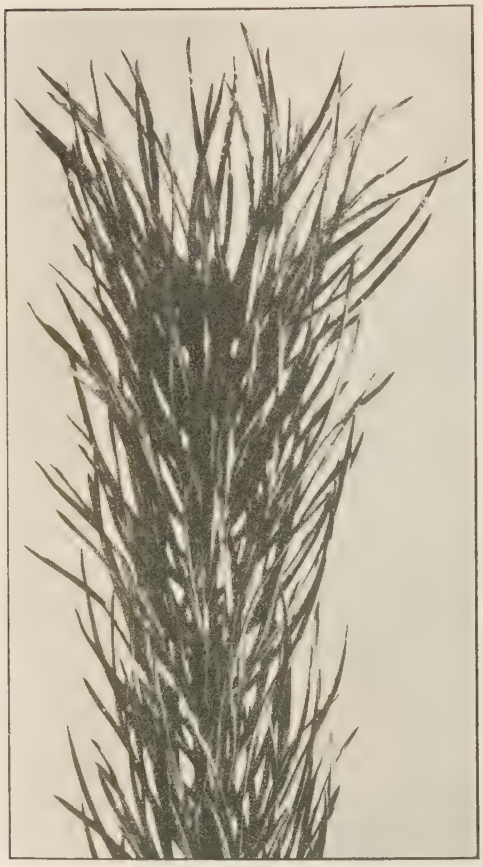

Abb. 8. Gipfel eines Versuchsbaumes in Geisenfeld, schwach mit Esturmit bestäubt, von den Versuchsraupen befressen. Orig. (phot. Seiff).

In den Laboratoriumsversuchen hat sich gezeigt, daß schon 1tägiger Fraß auf stark mit Calciumarseniat bestäubtem Futter genügt, die meisten Raupen binnen 3 Tagen zu töten (von 5 Raupen 4 tot — Tab. XIII, Versuch 111), obwohl sie am 2. Tag auf gesundes Futter gesetzt wurden. Ähnliche Ergebnisse hatte ein Versuch mit gezüchteten Raupen, die alle nach 3tägigem Fraß auf stark mit Calciumarseniat bestäubten Zweigen zugrunde gegangen waren und sich an dem gesunden Futter nicht mehr erholen konnten (mittlere Lebensdauer von 9,87 Tagen). Diese 8 Raupen hatten an 36 Nadeln 381 qmm gefressen und 10 mg Kot abgegeben (Tab. XIII, Versuch 54). Im Kontrollversuch waren zwar auch alle gezüchteten Raupen zugrunde gegangen, erreichten aber noch gut das IV. Stadium, so daß die mittlere Lebensdauer hier 57,5 Tage war. Bei einer Nahrungsmenge von 6897 qmm an 401 Nadeln ergab sich 685 mg Kot (Tab. XIII, Versuch 52).

Ein speziell angestellter Versuch hat gezeigt, daß auch die Raupen des III. Stadiums aus der Freiheit das bestäubte Futter nicht meiden (Tab. XIII, Versuch 109). Von allen Raupen, die zuerst auf dem unteren, mit Calciumarseniat stark bestäubten Teil des Futterzweiges gesetzt wurden, waren nur 4 Raupen auf den oberen unbestäubten Teil abgewandert, doch kehrten diese nach einiger Zeit wieder auf die bestäubten Nadeln zurück und gingen mit andern Raupen zugrunde. Dabei betrug die mittlere Lebensdauer nur 5,6 Tage (Tab. XIII, Versuch 109). Auch hier war wieder

Tabelle XIV.

Versuche in Geisenfeld.

Bupalus piniarius L. (II. und III. Stadium).

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	Arsengehalt mg	Bemerkungen
1	90	Esturmit. Mehlartige Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium .	6,9	15	100	—	Spuren	
2	91	Dusturan. Mehlartige Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium .	6,9	28	100	—	„	
3	92	Calciumarseniat. Mehlartige Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium .	6,5	15	100	—	„	
4	93	Höchst. Mehlartige Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium .	6,5	15	100	—	„	
5	94	Uraniagrün. Normallösung, bespritzt. 100 Raupen II. und III. Stadium .	9,8	34	98	2	„	Puppen gesund
6	95	Esturmit. Schwache Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium	23,1	100	84	16	„	„ „
7	96	Dusturan. Schwache Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium .	20,2	100	84	16	„	„ „
8	97	Calciumarseniat. Schwache Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium	19,1	100	83	17	0,0003	„ „
9	98	Höchst. Schwache Bestäubung. 100 Raupen II. und III. Stadium .	17,9	100	80	20	Spuren	„ „

auf dem unbestäubten Teil eine größere Menge gefressen worden (an 25 Nadeln 264 qmm) als auf dem bestäubten (an 2 Nadeln 68 qmm).

Die Vergiftungserscheinungen waren im allgemeinen dieselben wie beim vorigen Stadium, doch hing jetzt keine Raupe mehr an ihrem Spinnfaden, sie fielen auf den Boden herunter oder starben auf den Nadeln.

In allen Raupen aus Versuchen mit vergiftetem Futter wurde durch die Untersuchung Arsen festgestellt und zwar pro Raupe 0,0004 bis 0,002 mg (ausgenommen einige Versuche, wo in den Raupen nur Spuren von Arsen konstatiert werden konnte). Wie der Vergleich des Arsengehalts in Raupen dieses Stadiums mit Raupen des II. Stadiums, wo in den meisten Fällen nur Spuren von Arsen gefunden wurden, zeigte, ist auch hier mit dem Wachstum der Raupen die minimale tödliche Dosis gestiegen.

Von den angewendeten Staubmitteln hat wie gewöhnlich Calciumarseniat am besten gewirkt. Bei starker Anwendung dieses Mittels

waren die Raupen sehr rasch gestorben; die mittlere Lebensdauer war 2,47 Tage (Tab. XIII, Versuch 103). Auch die schwache Bestäubung hat noch sehr gut gewirkt (mittlere Lebensdauer der Raupen 5,5 Tage), sogar fast ähnlich wie Höchst bei starker Bestäubung (mittlere Lebensdauer der Raupen 4,3 Tage, Tab. XIII vgl. Versuch 104 mit 105).

Dusturan hat den zweiten Platz behauptet. Bei starker Bestäubung wirkte dieses Mittel fast so stark wie Calciumarseniat bei gleicher Bestäubung; die mittlere Lebensdauer der Raupen bei Dusturan war 3,6 Tage (Tab. XIII, Versuch 101).

An dritter Stelle kommt Höchst, das bei starker Bestäubung eine mittlere Lebensdauer der Raupen von 4,3 Tagen aufweist, während bei schwacher Bestäubung die Raupen durchschnittlich 10,9 Tage leben (Tab. XIII, Versuch 105 und 106).

Anschließend wäre Esturmit mit einer mittleren Lebensdauer von 7,5 Tagen bei starker und 19,7 Tagen bei schwacher Bestäubung (Tab. XIII, Versuch 99 und 100) zu nennen. Ein ähnliches Bild gaben auch die Versuche mit gezüchteten Raupen, nur mit dem Unterschied, daß hier Esturmit bei starker Bestäubung (mittlere Lebensdauer der Raupe 5,8 Tage) besser wirkte als Dusturan (mittlere Lebensdauer der Raupen 11,63 Tage) — Tab. XIII vgl. Versuch 42 mit 46).

Aresin in Versuchen mit gezüchteten Raupen (Versuche mit Raupen aus der Freiheit wurden nicht mehr angestellt) stand in der Wirkung zwischen Esturmit und Höchst; während es bei schwacher Bestäubung das erstere übertraf, wirkte es bei starker Bestäubung besser (mittlere Lebensdauer der Raupen 6,75 Tage) als das Dusturan (mittlere Lebensdauer der Raupen 11,63 Tage) — (Tab. XIII, Versuch 44 und 46).

Uraniagrün wirkte in normaler Lösung schwächer als alle Staubmittel. Hier betrug die mittlere Lebensdauer der Raupen 49,4 Tage; dadurch war 6maliger Austausch des Futters notwendig. Besonders charakteristisch ist die große Menge des verzehrten Futters (an 529 Nadeln 10488 qmm) und des abgegebenen Kotes (635 mg — Tab. XIII Versuch 107). Mit diesem Ergebnis stimmt auch das aus dem Versuch mit gezüchteten Raupen überein, wo die Lebensdauer der Raupen durchschnittlich 25,37 Tage betrug. Wie bei den ersteren wurde auch hier viel Futter verbraucht (an 130 Nadeln 1710 qmm — Tab. XIII, Versuch 55). Die doppelt starke Lösung des Spritzmittels wirkte besser (mittlere Lebensdauer der Raupen 19,13 Tage), sogar besser als Esturmit und Aresin in schwacher Anwendung, sowohl bei gezüchteten Raupen wie auch bei solchen aus der Freiheit (Tab. XIII, Versuch 56 und 108).

Schlußfolgerungen.

1. Auf die Raupen im III. Stadium wirkt Arsen ungefähr so wie auf die Raupen im II. Stadium, wenn auch die Lebensdauer in Versuchen mit vergiftetem Futter etwas verlängert ist.

2. Diese Ähnlichkeit findet ihre Erklärung darin, daß die Raupen im III. Stadium beim Schartenfraß viel mehr fressen als die Raupen im II. Stadium, die anfangs noch Rinnen fressen. Da das Ansteigen der Nahrungsmenge unverhältnismäßig größer ist als das Ansteigen der tödlichen Minimaldosis, wird diese relativ schneller erreicht.
3. Bei starker Bestäubung gehen die Raupen im III. Stadium durchschnittlich nach 2,47—7,5 Tagen zugrunde. Bei schwacher Bestäubung beträgt die mittlere Lebensdauer der Raupen 5,5 bis 19,7 Tage, dabei ist notwendig, das Futter 2—4 mal auszutauschen.
4. Versuche im Freien (Geisenfeld) haben die obengenannten Ergebnisse (unter 3) des Laboratoriums bestätigt. Bei starker Bestäubung waren alle Raupen sehr rasch zugrunde gegangen, während bei schwacher Dosierung eine zweimalige Bestäubung nicht ausreichte (nach 6 Tagen war das zweitemal bestäubt worden, da das Gift durch Regen abgewaschen wurden), alle Raupen zu töten; 16 bis 20% haben sich verpuppt.
5. 1—2täger Fraß von mit Calciumarseniat stark bestäubtem Futter tötet die meisten Raupen innerhalb 3 Tagen, selbst wenn diese nach 2 Tagen auf gesundes Futter gesetzt wurden.
6. Auch die Raupen dieses Stadiums meiden das bestäubte Futter nicht, obgleich sie gewöhnlich von unbestäubtem Futter mehr fressen als von bestäubtem.
7. Die Raupen fallen entweder vor dem Tode zu Boden oder gehen auf den Nadeln ein.
8. In allen Raupen aus Versuchen mit vergiftetem Futter wurde Arsen festgestellt und zwar pro Raupe 0,0004—0,002 mg (mit einigen Ausnahmen, wo nur Spuren vorhanden waren), was wiederum das Ansteigen der minimalen tödlichen Dosis mit dem Wachstum der Raupen zeigt.
9. Von den Staubmitteln wirkte am besten Calciumarseniat, dann Dusturan, weniger gut Höchst und Esturmit. Aresin stand in seiner Wirkung zwischen Esturmit und Höchst — in Versuchen mit gezüchteten Raupen.
10. Uraniagrün wirkte in normaler Lösung schwach, obwohl schließlich alle Raupen zugrunde gingen (mittlere Lebensdauer der Raupen 49,4 Tage) — nach 6maligem Futteraustausch. Die doppelt starke Lösung wirkte besser als Esturmit und Aresin bei schwacher Bestäubung.

IV. Stadium.

Mit Raupen im IV. Stadium waren 14 Versuche mit je 10 Raupen aus der Freiheit und 13 Versuche mit je 8 gezüchteten Raupen angestellt worden

Es hat sich gezeigt, daß die Raupen im IV. Stadium Arsen viel besser vertragen können als die Raupen im III. Stadium. In allen Versuchen

mit bestäubtem Futter, sowohl in schwacher als in starker Anwendung, haben die Raupen des IV. Stadiums stets länger gelebt als die des III. In einigen Fällen hat sich sogar ein Teil der Raupen verpuppt (Tab. XV). So betrug z. B. bei starker Bestäubung mit Esturmit, welches zwar in der Wirkung an 3. Stelle steht, die mittlere Lebensdauer der Raupen 9,4 Tage (Tab. XV, Versuch 113), während unter gleichen Umständen die mittlere Lebensdauer der Raupen im III. Stadium 7,5 Tage war (Tab. XIII, Versuch 99).

Besonders charakteristisch ist das Ergebnis im Versuch mit normaler Lösung von Uraniagrün. Während diese Lösung auf Raupen im III. Stadium noch ziemlich gut gewirkt hat, wenn auch erst nach längerer Einwirkung (Tab. XIII, Versuch 107), hat die Normallösung nur eine sehr geringe, kaum wahrnehmbare Wirkung auf Raupen des IV. Stadiums ausgeübt, so daß sich sogar 60% verpuppen konnten, während im Kontrollversuch nur 50% zur Verpuppung kamen. Die Giftwirkung äußerte sich nur darin, daß die Raupen im Versuch mit Uraniagrün schneller eingingen (mittlere Lebensdauer der Raupen 29,5 Tage) als im Kontrollversuch (mittlere Lebensdauer 51,8 Tage — Tab. XV vgl. Versuch 121 mit 125).

Für die größere Widerstandsfähigkeit der Raupen im IV. Stadium spricht auch das Ergebnis des Versuchs mit hungernden Raupen, wobei die Raupen im IV. Stadium den Hunger länger ertragen haben (die Raupen waren durchschnittlich nach 5,3 Tagen eingegangen), während die Raupen im III. Stadium durchschnittlich nach 4 Tagen eingegangen waren — vgl. Tab. XV, Versuch 126 mit Tab. XIII, Versuch 112.

Die Ursache dieser Unterschiede in der Wirkung der Arsenmittel auf die Raupen aus der Freiheit im III. und IV. Stadium ist wie gewöhnlich darin zu suchen, daß mit dem Wachstum der Raupen auch die minimale tödliche Dosis wächst. Selbstverständlich ist dabei auch die Nahrungsmenge gestiegen und damit die Menge des aufgenommenen Giftes, in diesem Fall aber ist die Nahrungsmenge verhältnismäßig nicht so stark gestiegen wie die minimale tödliche Dosis und daher kann diese erst nach längerem Fraß erreicht werden. Wie die Kontrollversuche mit Raupen im III. und IV. Stadium gezeigt haben, frißt eine Raupe im III. Stadium an 1 Tag an 1,2 Nadeln 14,4 qmm, während eine Raupe im IV. Stadium an 1,3 Nadeln 28,69 qmm frißt.

Mit diesen Ergebnissen stimmen die aus Versuchen mit gezüchteten Raupen nicht überein. Hier waren im Gegenteil die Raupen des IV. Stadiums in Versuchen mit bestäubtem Futter manchmal sogar schneller eingegangen als die Raupen des III. Stadiums (vgl Tab. XV mit Tab. XIII). Dieser Unterschied erklärt sich daraus, daß sich gezüchtete Raupen im allgemeinen auf gesundem Futter bis zum IV. und V. Stadium verhältnismäßig gut entwickeln, dann aber anfangen einzugehen und fast niemals bis zur Verpuppung kommen. Daraus folgt, daß das Gift auf die gezüchteten Raupen des IV. Stadiums, die kurz vor dem Absterben stehen, selbst-

verständlich intensiver wirken muß als auf die Raupen im III. Stadium. Noch besser zeigt diese Erscheinung der Versuch mit Uraniagrün, wo die gezüchteten Raupen im IV. Stadium viel schneller eingegangen waren als die Raupen im III. Stadium (vgl. Tab. XV, Versuch 65 und 66 mit Tab. XIII, Versuch 55 und 56).

Bei starker Bestäubung waren im großen und ganzen die Raupen durchschnittlich nach 3—11,2 Tagen zugrunde gegangen. Manchmal war 2maliger Futteraustausch nötig, bis die Raupen starben (Tab. XV, Versuch 113 und 115). Bei schwacher Bestäubung gingen die meisten Raupen durchschnittlich nach 11,3—31 Tagen ein, und in einem Fall haben sich sogar 40% verpuppt (Tab. XV, Versuch 116). Hier war schon 2—5maliger Futteraustausch erforderlich.

Die nach 2tägigem Fraß auf mit Calciumarseniat bestäubtem Futter auf unbestäubtes Futter gesetzten Raupen ergaben 60% Puppen (Tab. XV, Versuch 124), während im Kontrollversuch nur 50% zur Verpuppung kamen (Tab. XV, Versuch 125). Die Wirkung des Giftes hat sich nur darin geäußert, daß die mittlere Lebensdauer der durch das Calciumarseniat eingegangenen Raupen nur 4 Tage betrug, im Kontrollversuch dagegen 51,8 Tage.

Um die Frage zu lösen, ob die Raupen das bestäubte Futter meiden, habe ich auch hier einen speziellen Versuch angestellt. Zu diesem Zweck waren alle Raupen auf den unteren, mit Calciumarseniat stark bestäubten Teil des Zweiges gesetzt worden, aber nur einige davon sind abwechselnd auf den oberen, unbestäubten Teil gewandert, die jedoch nach einiger Zeit auch wieder zurückkehrten, und auf diese Weise waren schließlich alle Raupen zugrunde gegangen (Tab. XV, Versuch 123). Wie immer war auf dem unbestäubten Teil mehr gefressen worden (an 53 Nadeln 1019 qmm) als auf dem bestäubten (an 6 Nadeln 127 qmm), da die Einwirkung des Giftes die Freßlust der Raupen beeinträchtigte.

In allen Versuchen mit vergiftetem Futter zeigten die Raupen Vergiftungserscheinungen, die sich hier besonders darin äußerten, daß die Raupen anfangs weniger fraßen und zuletzt ganz aufhörten. Weiter war in den meisten Fällen eine Lähmung des Abdomens zu beobachten, so daß die Raupen sich nicht mehr fortbewegen konnten, sie hingen mit den Vorderbeinen an den Nadeln. Später wurden die Raupen weich und fingen teilweise an etwas einzuschrumpfen, die hellgrüne Farbe ging mehr ins Gelbliche über. Sehr charakteristisch war dabei, daß das Ende des Abdomens infolge des flüssigen und dann eingetrockneten Kotes schwarzbraun erschien. Schließlich fielen die Raupen zu Boden und starben.

In allen solchen Raupen wurde durch die Untersuchung Arsengehalt festgestellt, der pro Raupe von 0,0004—0,005 mg schwankte, was im Vergleich mit Raupen des III. Stadiums zeigt, daß auch hier die minimale tödliche Dosis mit dem Wachstum der Raupen gestiegen ist (Tab. XV).

Tabelle

Bupalus piniarius L.

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen
		A. Raupen aus der Freiheit. (Je 10 Stück.)		
1	113	Esturmit 150 mg. 300 Nadeln	9,4	4
2	114	Esturmit 50 „ 300 „	19,3	3
3	115	Dusturan 150 „ 300 „	11,2	4
4	116	Dusturan 50 „ 300 „	31	14
5	117	Calciumarseniat 150 mg. 300 Nadeln	3	2
6	118	Calciumarseniat 150 „ 300 „	11,3	2
7	119	Höchst 150 mg. 300 Nadeln	6,6	2
8	120	Höchst 50 „ 300 „	12	4
9	121	Uraniagrün, Normale Lösung, bespritzt. 300 Nadeln	29,5	11
10	125	Uraniagrün, doppelt starke Lösung, bespritzt. 300 Nadeln	28,0	2
11	123	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? 300 Nadeln	9,6	2
12	124	Aus Versuch Nr. 117 nach 2 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. 300 Nadeln	4	3
13	122	Kontrollversuch. 300 Nadeln	51,8	34
14	126	Ohne Nahrung	5,3	4
		B. Gezüchtete Raupen. (Je 8 Stück.)		
15	57	Esturmit 200 mg. 400 Nadeln	6,87	3
16	58	Esturmit 70 „ 400 „	14,37	3
17	59	Dusturan 200 mg. 400 „	5,25	2
18	60	Dusturan 70 „ 400 „	18,37	5
19	61	Calciumarseniat 200 mg. 400 Nadeln	5	2
20	62	Calciumarseniat 70 „ 400 „	11,12	3
21	63	Höchst 200 mg. 400 Nadeln	6,75	2
22	64	Höchst 70 „ 400 „	14,75	3
23	65	Uraniagrün, Normale Lösung, bespritzt. 400 Nadeln	17	6
24	66	Uraniagrün, doppelt starke Lösung, bespritzt. 400 Nadeln	10,75	2
25	67	Aus Versuch Nr. 61 nach 4 Tagen auf nicht bestäubtes Futter gesetzt. 400 Nadeln	5,5	1
26	68	Kontrollversuch. 400 Nadeln	24,16	14
27	69	Ohne Nahrung	6,75	2

XV.

(IV. Stadium — 16 mm).

Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	Zahl der befressenen Nadeln	Fraßoberfläche in qmm	Kotmenge mg	Arsengehalt mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
15	100	—	40	558	23	0,0004	2	
65	100	—	184	3 791	190	0,0008	4	
16	100	—	47	657	33	0,002	2	
54	60	40	490	11 289	950	0,004	5	Puppen gesund.
6	100	—	32	525	30	0,005	1	
23	100	—	62	1 053	50	0,0004	2	
12	100	—	34	557	17	0,002	1	
30	100	—	85	1 540	58	0,0008	3	
71	40	60	654	15 446	1110	0,0007	5	„ „
63	100	—	189	3 792	140	0,0005	4	
			best. | unb.	best. | unb.				
44	100	—	6 | 53	127 | 1019	58	0,00045	4	
5	40	60	267	8 455	1143	0,0006	3	„ „
77	50	50	649	19 400	2300	—	5	„ „
12	100	—	—	—	—	—	—	
12	100	—	32	374	13	Spuren	1	
39	100	—	65	966	45	0,001	3	
12	100	—	19	126	2	Spuren	1	
47	100	—	69	1 225	82	0,0006	3	
12	100	—	25	297	10	Spuren	1	
22	100	—	39	546	25	„	2	
18	100	—	16	130	13	„	1	
42	100	—	79	1 364	75	0,001	3	
29	100	—	112	1 891	180	Spuren	2	
25	100	—	127	1 826	97	„	2	
16	100	—	10	170	8	„	2	
31	75	25	283	6 169	1305	—	3	„ „
10	100	—	—	—	—	—	—	

Von den angewendeten Staubmitteln hat wiederum Calciumarseniat am besten gewirkt. Bei starker Bestäubung betrug die mittlere Lebensdauer der Raupen nur 3 Tage. Dabei waren an 32 Nadeln 525 qmm gefressen worden (Tab. XV, Versuch 117). Die schwache Bestäubung wirkte auch gut, wo die mittlere Lebensdauer der Raupen 11,3 Tage betrug (Tab. XV, Versuch 118). Nach Calciumarseniat kam Höchst, wo die Raupen bei starker Bestäubung eine mittlere Lebensdauer von 6,6 Tagen erreichten (Tab. XV, Versuch 119) und bei schwacher Bestäubung 12 Tage (Tab. XV, Versuch 120). Bei Höchst war in beiden Fällen der Futterverbrauch ein größerer als bei Calciumarseniat unter gleichen Bedingungen (vgl. Tab. XV, Versuch 119 und 120 mit Versuch 117 und 118). Geringer wirkte Esturmit, wo die mittlere Lebensdauer der Raupen bei starker Bestäubung 9,4 Tage betrug (Tab. XV, Versuch 113). Bei schwacher Bestäubung war die Wirkung dieses Mittels noch schwächer. Die mittlere Lebensdauer betrug hier 19,3 Tage, und alle Raupen waren erst nach 4maligem Futteraustausch zugrunde gegangen (einige Raupen haben sogar bis zu 65 Tagen gelebt — Tab. XV, Versuch 114). Am geringsten wirkte Dusturan. Bei starker Bestäubung hatten die Raupen eine mittlere Lebensdauer von 11,2 Tagen (Tab. XV, Versuch 115), und bei schwacher Bestäubung hatten sich sogar 40% verpuppt (Tab. XV, Versuch 116). Interessant ist, daß hier sogar 5malige Erneuerung des bestäubten Futters nicht ausreichte, bis alle Raupen tot waren; dabei war von diesen Raupen die größte Menge von Futter gefressen worden (an 490 Nadeln 11289 qmm).

Mit diesen Ergebnissen stimmten die Ergebnisse der Versuche mit gezüchteten Raupen überein. An erster Stelle stand wieder Calciumarseniat, dann folgten Höchst und Esturmit, und den letzten Platz nahm Dusturan ein. Bei schwacher Bestäubung wirkte Dusturan sogar so gering (mittlere Lebensdauer der Raupen 18,37 Tage), daß es dem Uraniagrün in normaler Lösung nachstand (mittlere Lebensdauer der Raupen 17 Tage — Tab. XV vgl. Versuch 60 mit 65).

Wie schon erwähnt, wirkte Uraniagrün auf die Raupen aus der Freiheit sehr schlecht. Bei Anwendung in normaler Lösung haben sich 60% der Raupen verpuppt; die mittlere Lebensdauer der Raupen betrug 29,5 Tage (Tab. XV, Versuch 121). Wenn wir dieses Ergebnis mit dem Kontrollversuch vergleichen, wo sich nur 50% der Raupen verpuppt haben, aber die mittlere Lebensdauer 51,8 Tage betrug (Tab. XV, Versuch 125), so ist die geringe Wirksamkeit des Uraniagrüns ohne weiteres dargetan. Die doppelt starke Lösung wirkte verhältnismäßig besser, die sogar das Dusturan bei schwacher Bestäubung übertraf. Alle Raupen waren hier zugrunde gegangen, und die mittlere Lebensdauer betrug 28 Tage (Tab. XV, Versuch 122).

Schlußfolgerungen.

1. Arsen wirkt auf die Raupen im IV. Stadium wieder geringer als auf Raupen im III. Stadium. Alle Raupen gehen erst nach längerer Einwirkung zugrunde, und in einigen Fällen hat sich sogar ein Teil verpuppt. Dabei war mehrmaliger Austausch des behandelten Futters notwendig.
2. Die Ursache für die größere Widerstandsfähigkeit dieser Raupen gegen Arsen ist wieder in dem Ansteigen der minimalen tödlichen Dosis mit dem Wachstum der Raupen zu suchen. Die Nahrungsaufnahme (und damit die Aufnahme des Giftes) ist nicht im gleichen Verhältnis gestiegen, dadurch wird die minimale tödliche Dosis erst später erreicht.
3. Bei starker Bestäubung gehen die Raupen durchschnittlich nach 3 bis 11,2 Tagen zugrunde, dabei ist 2maliger Austausch des vergifteten Futters nötig.
4. Bei schwacher Bestäubung gehen die meisten Raupen nach 2- bis 5maligem Austausch des vergifteten Futters durchschnittlich nach 11,3—31 Tagen ein (bei Dusturan haben sich sogar 40% verpuppt).
5. 2tägiger Fraß auf stark mit Calciumarseniat bestäubtem Futter übt keine große Wirkung auf die Raupen aus, wenn sie dann auf gesundem Futter weitergezüchtet werden. In diesem Fall geht nur der kleinere Teil (40%) der Raupen zugrunde, während sich der größere Teil (60%) verpuppt.
6. Die Raupen meiden das bestäubte Futter bei Vorhandensein von unbestäubtem Futter nicht, wenngleich sie von unbestäubtem Futter mehr fressen als von bestäubtem. (Die Ursuche ist die gleiche wie bei anderen Stadien.)
7. In den Versuchen mit behandeltem Futter zeigten die Raupen Vergiftungserscheinungen. Besonders charakteristisch ist hier die Lähmung des Abdomens.
8. In allen an Vergiftung eingegangenen Raupen war durch die Untersuchung Arsen nachgewiesen worden und zwar pro Raupe 0,0004 bis 0,005 mg, was verglichen mit dem Arsengehalt in Raupen des III. Stadiums wieder das Ansteigen der minimalen tödlichen Dosis zeigt.
9. Von den angewendeten Staubmitteln hat am besten Calciumarseniat gewirkt, dann Höchst. Weniger gut wirkte Esturmit und am geringsten Dusturan.
10. Uraniagrün wirkte in normaler Lösung sehr schwach, sogar so schwach, daß nur ein kleiner Unterschied in den Ergebnissen zwischen dem Kontrollversuch und dem Versuch mit der Lösung festzustellen war. In doppelter Lösung wirkte es verhältnismäßig besser, wo es das Dusturan bei schwacher Bestäubung übertraf.

V. Stadium.

Hier waren im ganzen 13 Versuche mit je 6 Raupen aus der Freiheit und 4 Versuche mit je 8 gezüchteten Raupen angestellt worden.

Wie zu erwarten, war die Widerstandsfähigkeit dieser Raupen gegen das Arsen noch größer als bei Raupen im IV. Stadium. Bei starker Bestäubung hat sich sogar ein Teil der Raupen verpuppt (Tab. XVI, Versuch 127, 129 und 131); noch geringer wirkte die schwache Bestäubung, wo die Hälfte und noch mehr Raupen zur Verpuppung kamen (Tab. XVI, Versuch 128, 130, 132 und 134). Dabei war sowohl bei starker als auch bei schwacher Bestäubung 2—4maliger Austausch des behandelten Futters nötig. Außerdem lebten die Raupen, die an Vergiftung starben, länger als solche des IV. Stadiums. So war z. B. im Versuch mit Esturmit bei starker Bestäubung die mittlere Lebensdauer der Raupen des V. Stadiums 15,2 Tage (Tab. XVI, Versuch 127), während bei Raupen des IV Stadiums unter gleichen Umständen die mittlere Lebensdauer 9,4 Tage war (Tab. XV, Versuch 113). Dasselbe ist von den übrigen Mitteln zu sagen (vgl. Tab. XVI mit Tab. XV).

Ein besonders charakteristisches Bild in dieser Beziehung hat auch hier Uraniagrün in normaler Lösung ergeben, wo sich sogar alle Raupen verpuppt haben (Tab. XVI, Versuch 135), im Kontrollversuch dagegen nur 83,3% (Tab. XVI, Versuch 138). Die Wirkung der Lösung war so gering, daß Vergiftungserscheinungen äußerlich gar nicht wahrzunehmen waren. Alle Raupen fraßen ganz normal und haben sich normalerweise verpuppt.[1])

Die Widerstandsfähigkeit der Raupen im V. Stadium war schon früher von einigen Autoren (Escherich und Gasow) beobachtet worden. Die Ursache ist darin zu suchen, daß, wie immer, mit dem Wachstum der Raupen die minimale tödliche Dosis der Raupen wächst. Selbstverständlich wächst auch dabei das Nahrungsbedürfnis und zwar ganz bedeutend. Die Minimaldosis des Arsens ist aber in diesem Stadium so groß, daß sie trotz der großen Nahrungsaufnahme der Raupen erst nach längerer Zeit erreicht wird.

Daß die Raupen im V. Stadium tatsächlich ein großes Nahrungsbedürfnis haben, dafür spricht schon die Erscheinung, daß die Nadeln bis auf den Stumpf zusammengefressen werden (Endfraß). Deutlich zeigten dies die Kontrollversuche mit Raupen im V. und IV. Stadium (Tab. XVI, Versuch 138 und Tab. XV, Versuch 125), wonach 1 Raupe im V. Stadium an 1 Tag $2^1/_2$mal mehr fraß als 1 Raupe im IV. Stadium, d. h. 1 Raupe im V. Stadium fraß an 1 Tag an 2,35 Nadeln 74,3 qmm, 1 Raupe im IV. Stadium an 1,3 Nadeln 28,6 qmm.

Keine geringe Rolle spielt bei der Widerstandsfähigkeit der Raupen gegen Arsen auch der Umstand, daß im allgemeinen die letzten Raupen-

[1]) Vielleicht ist auch hier der schon früher erwähnte Umstand die Ursache (s. S. 58).

stadien unempfindlicher gegen ungünstige Einflüsse sind, was wir schon bei *Lymantria monacha* beobachtet haben. Eine Bestätigung ist auch darin zu sehen, daß sogar von Raupen, die ohne Nahrung gehalten wurden, ein Teil (33,3%) sich verpuppt haben (Tab. XVI, Versuch 139).

Die Raupen widerstehen also auch dem Arsen sehr stark, so daß bei starker Bestäubung die Raupen durchschnittlich nach 11,4 bis 17,75 Tagen zugrunde gingen, bei schwacher Bestäubung erst nach 16,2—36 Tagen. In beiden Fällen hat sich sogar ein Teil der Raupen verpuppt und Imagines ergeben, und zwar bei starker Bestäubung 16,7%—33⅓%, bei schwacher Bestäubung 16,7%—66,6%. Ein 2—3 maliger Austausch von Futter war dabei notwendig.

Daß die Raupen das bestäubte Futter nicht meiden, hat ein speziell dafür angestellter Versuch deutlich dargetan. Im Versuch 137 waren alle Raupen zuerst auf den unteren stark mit Calciumarseniat bestäubten Teil des Futterzweiges gesetzt. Obwohl unbestäubtes Futter vorhanden war, war ein Teil der Raupen auf dem bestäubten geblieben und durch das aufgenommene Arsen zugrunde gegangen. Die anderen Raupen, die teilweise auf den unbestäubten Teil gestiegen waren, waren ebenfalls eingegangen, weil die meisten von ihnen wieder auf das bestäubte Futter zurückgekehrt oder vorher von diesem soviel gefressen hatten, daß sie schließlich auch zugrunde gegangen waren (Tab. XVI, Versuch 137). Auch hier waren wie immer von den unbestäubten Nadeln mehr gefressen worden als von den bestäubten (an unbestäubten an 53 Nadeln 1242 qmm, an bestäubten an 10 Nadeln 165 qmm).

Nun interessiert uns besonders die Frage, wie das aufgenommene Arsen auf die Weiterentwicklung solcher Raupen wirkte. Diese Frage kann erschöpfend jetzt noch nicht entschieden werden, sondern erst im Frühjahr 1927, wenn die Puppen schlüpfen. Es läßt sich aber jetzt schon sagen, daß das Arsen doch einigen Einfluß gehabt hat. Die Untersuchung der Puppen auf ihren Gesundheitszustand (1 Monat nach Versuchsbeendigung) hat gezeigt, daß die Puppen aus Versuchen mit stark bestäubtem Futter alle zugrunde gegangen waren (Tab. XI, Versuch 127, 129 und 131), während aus den Kontrollversuchen und aus Versuchen mit schwach bestäubtem Futter alle Puppen gesund scheinen (Tab. XII, XIII, XV und XVI).[1])

---

[1]) Die Weiterzüchtung der Eier von *L. dispar* und der Puppen von *Bupalus piniarius* hat folgendes ergeben:

Aus Versuchen mit Calciumarseniat, Höchst und Esturmit entwickelten sich aus den Eiern von *L. dispar* keine Raupen, auch wenn es sich nur um schwach bestäubte Versuche handelte. Dagegen lieferten die Eier, die aus dem Kontrollversuch stammten sowie die schwach mit Dusturan und Aresin bestäubten alle gesunde Raupen. Das gleiche war auch von Versuchen, in denen die Raupen nach einigen Tagen auf gesundes Futter gesetzt wurden, festzustellen.

Bei *Bupalus piniarius* dagegen war an den Puppen aus schwach bestäubten Versuchen keine Wirkung festzustellen. Es ergaben alle Puppen gesunde Falter.

Tabelle XVI.

Bupalus piniarius L. (V. Stadium — 25 mm).

Laufende Nr.	Versuchs-Nr.	Versuchs-Anordnung	Mittlere Lebensdauer der Raupen Tagen	Minimale Lebensdauer der Raupen Tagen	Maximale Lebensdauer der Raupen Tagen	% der gestorbenen Raupen	% verpuppt	Zahl der befressenen Nadeln		Fraßoberfläche in qmm		Kotmenge mg	Arsengehalt mg	Wie oft wurde Futter getauscht?	Bemerkungen
								best.	unb.	best.	unb.				
		A. Raupen aus der Freiheit. (Je 6 Stück.)													
1	127	Esturmit 150 mg, 300 Nadeln	15,2	3	23	83,3	16,7	33		773		58	0,01	2	Puppe eingegangen.
2	128	Esturmit 50 „ 300 „	36	28	45	33,4	66,6	209		7010		570	0,01	3	Puppe gesund.
3	129	Dusturan 150 „ 300 „	17,75	11	28	66,7	33,3	54		1457		81	0,01	3	Puppen eingegangen.
4	130	Dusturan 50 „ 300 „	30	16	54	50	50	91		2622		210	0,006	4	Puppen gesund.
5	131	Calciumarseniat 150 mg. 300 Nadeln	11,4	3	17	83,3	16,7	24		567		36	0,003	2	Puppen eingegangen.
6	132	Calciumarseniat 50 „ 300 „	16,2	10	21	83,3	16,7	45		947		45	0,006	2	Puppen gesund.
7	133	Höchst 150 mg. 300 Nadeln	11,5	3	25	100	—	27		527		35	0,013	2	
8	134	Höchst 50 „ 300 „	24,3	19	32	50	50	126		3687		265	0,02	3	Puppen gesund.
9	135	Uraniagrün, Normale Lösung, bespritzt. 300 Nadeln	—	—	—	—	100	205		6880		848	0,007	3	„ „
10	136	Uraniagrün, doppelt starke Lösung, bespr. 300 Nadeln	19,25	10	35	66,6	33,4	96		2800		196	0,006	3	„ „
11	137	Vermeiden die Versuchstiere das bestäubte Futter oder nicht? 300 Nadeln	12,5	2	25	100	—	10	53	165	1242	69	0,01	2	
12	138	Kontrollversuch. 300 Nadeln	23	23	23	16,7	83,3	173		5515		757	—	2	„ „
13	139	Ohne Nahrung	11,8	7	17	66,7	33,3	—		—		27	—	—	
		B. Gezüchtete Raupen. (Je 8 Stück)													
14	70	Esturmit 200 mg. 400 Nadeln	10,43	4	19	87,5	12,5	72		779		52	0,005	2	Puppe eingegangen.
15	71	Calciumarseniat 200 mg. 400 Nadeln	8,37	5	18	100	—	21		257		35	0,008	2	
16	72	Höchst 200 mg. 400 Nadeln	11,63	7	16	100	—	28		306		23	0,003	2	
17	72	Kontrollversuch 400 „	20	5	39	100	—	87		2559		158	—	3	

In allen Versuchen mit behandeltem Futter zeigten die Raupen Vergiftungserscheinungen, ganz ähnlich wie bei Raupen im IV. Stadium.

An den an Vergiftung gestorbenen Raupen war durch Untersuchung Arsengehalt nachgewiesen worden, der pro Raupe 0,003—0,02 mg betrug. Dies zeigt, daß wiederum die minimale tödliche Dosis mit dem Wachstum der Raupen stark gestiegen ist, da bei Raupen im IV. Stadium 0,0004—0,004 mg Arsen pro Raupe nachgewiesen war (vgl. Tab. XVI mit Tab. XV).

Bei starker Bestäubung hat in diesem Stadium Höchst das Calciumarseniat übertroffen. Bei ersterem waren alle Raupen eingegangen (Tab. XVI, Versuch 133), während bei Calciumarseniat sich 16,7% der Raupen verpuppen konnten (Versuch 131). Umgekehrt lag der Fall bei schwacher Bestäubung. So z. B. war bei dieser bei Calciumarseniat die mittlere Lebensdauer der Raupen 16,2 Tage (Tab. XVI, Versuch 132), während unter gleichen Umständen bei Höchst die mittlere Lebensdauer 24,3 Tage betrug (Tab. XVI, Versuch 134). Dabei haben sich im ersten Fall nur 16,7% verpuppt und im zweiten Fall sogar 50%.

Nach diesen beiden Staubmitteln kam Esturmit und Dusturan. Bei schwacher Bestäubung stand Esturmit dem Dusturan, bei dem sich 50% der Raupen verpuppt hatten und die mittlere Lebensdauer 30 Tage betrug, etwas nach (vgl. Versuch 128 mit 130 der Tab. XVI), das letztere jedoch stand seinerseits bei starker Bestäubung wieder dem Esturmit nach, da sich bei Dusturan 33,3% Raupen verpuppt haben, während bei Esturmit nur 16,7% (Tab. XVI, Versuch 129 und 127).

Ungefähr ähnliche Ergebnisse hatten die Versuche mit gezüchteten Raupen, wo Calciumarseniat an der Spitze stand, dann kam Höchst und zuletzt Esturmit (mit Dusturan war kein Versuch angestellt worden), bei welchem sich sogar 12,5% der Raupen verpuppt hatten; im Kontrollversuch waren alle Raupen zugrunde gegangen; der Einfluß des Arsens äußerte sich nur darin, daß die Raupen schneller eingingen als im Kontrollversuch (Tab. XVI, Versuch 70 bis 73).

Wie schon erwähnt, wirkte die normale Lösung von Uraniagrün fast gar nicht (Tab. XVI, Versuch 135). Dagegen wirkte die doppelt starke Lösung ganz gut (nur 33,4% der Raupen haben sich verpuppt), die in der Wirksamkeit dem Dusturan bei starker Bestäubung sehr nahe kam (Tab. XVI, vgl. Versuch 136 mit 129).

Schlußfolgerungen.

1. Die Raupen im V. Stadium zeigten große Widerstandsfähigkeit gegen Arsen. Sogar bei starker Bestäubung hat sich ein Teil verpuppt, während bei schwacher Bestäubung die Hälfte und mehr sich verpuppen konnten. Die übrigen Raupen starben in beiden Fällen erst nach langer Zeit und nach 2 bis 4maligem Austausch des behandelten Futters.

2. Bei starker Bestäubung gingen die Raupen durchschnittlich nach 11,4—17,75 Tagen ein, bei schwacher Bestäubung durchschnittlich nach 16,2—36 Tagen; in beiden Fällen hat sich ein bestimmter Prozentsatz von Puppen ergeben (bei starker Bestäubung 16,7 % bis 33 %, bei schwacher 16,7 %—66,6 %).
3. Die Ursache dieser Widerstandsfähigkeit der Raupen im V. Stadium ist darin zu suchen, daß hier wieder die minimale tödliche Dosis mit dem Wachstum der Raupen gestiegen ist. Freilich ist auch die Nahrungsaufnahme bedeutend gestiegen (Endfraß), aber die Minimaldosis des Arsens ist in diesem Stadium so groß, daß sie trotz der großen Nahrungsaufnahme der Raupen erst nach längerer Zeit erreicht wird.
4. Bei dieser Widerstandsfähigkeit der Raupen ist die Frage von Bedeutung, wie das aufgenommene Gift auf die Weiterentwicklung des Insekts wirkt. Endgültiges kann darüber noch nicht gesagt werden, weil die Puppen erst im Frühjahr 1927 zum Schlüpfen kommen. Vorerst konnte nur die Tatsache konstatiert werden, daß ein Monat nach der Verpuppung in allen Versuchen mit stark bestäubtem Futter alle Puppen tot waren, während in den Versuchen mit schwacher Bestäubung und in den Kontrollversuchen alle Puppen gesund schienen.
5. Die Raupen meiden das bestäubte Futter nicht auch bei Vorhandensein von unbestäubtem, aber sie fressen von dem unbestäubten mehr als von dem bestäubtem (die Ursache dafür habe ich schon mehrmals erklärt).
6. Die Raupen zeigten dieselben Vergiftungserscheinungen wie die Raupen im IV. Stadium.
7. In allen Raupen aus Versuchen mit behandeltem Futter war Arsen durch die Untersuchung festgestellt und zwar pro Raupe 0,003 bis 0,02 mg, was im Vergleich mit dem IV. Stadium zeigt, daß die minimale tödliche Dosis mit dem Wachstum der Raupen gestiegen ist.
8. Von den angewendeten Staubmitteln wirkten Calciumarseniat und Höchst am besten, dann folgten Esturmit und Dusturan.
9. Die normale Lösung von Uraniagrün übte fast keine Wirkung auf die Raupen im V. Stadium aus, während die doppelt starke Lösung fast ähnlich wirkte wie Dusturan bei starker Bestäubung.

III. Die angewendeten Mittel.

Zum Studium der 5 in meinen Versuchen benutzten Staubmittel wurden folgende Punkte untersucht:

Arsengehalt,
spezifische Gewicht und Farbe,
Haftfähigkeit.

Die Zahlen für den Arsengehalt und das spezifische Gewicht habe ich jeweils von der herstellenden Firma selbst erhalten. Zur Vergleichung der Mittel bezüglich ihrer Schwere war das Gewicht gleichen Volumina festgesetzt worden (ohne Anwendung von Verdrängungsflüssigkeiten) = relative Schwere.[1])

1. Chemische Beschaffenheit.

Aresin

von der J. G. Farbeninustrie A.-G. Leverkusen, bei Köln a. Rhein.

Das Pulver ist von ockergelber Farbe. Der Arsengehalt beträgt 8 % und zwar „ist das Arsen in Form von arseniger Säure enthalten". Das spezifische Gewicht beträgt 0,7. Die relative Schwere ist 1,78, d. h. es ist das schwerste von den 5 Staubmitteln.

Calciumarseniat („Silesia")

von W. Güttler-Schärfe-Werke, Reichenstein i. Schlesien.

Das Pulver ist von weißlicher Farbe. Das Mittel enthält 40 % Arsensäure (Tricalciumarseniat gebunden), „von der nicht mehr als 0,75 % wasserlöslich sind". Dieser hohe Prozentsatz an Arsen ist für den forstlichen Gebrauch nachteilig, da dasselbe den warmblütigen Tieren gefährlich wird.[2]) Das spezifische Gewicht beträgt ca. 0,346 – 0,287. Die relative Schwere ist 1,11. Damit steht dieses Mittel der Schwere nach an vierter Stelle.

---

[1]) Die Bestimmungen waren in der chemischen Abteilung der Bayer. Forstlichen Versuchsanstalt von Dr. Daniel und Fräulein Reisinger ausgeführt worden, wofür ich beiden an dieser Stelle meinen besten Dank ausspreche.

[2]) Dankwortt und Pfau („Über Massenvergiftung von Tieren durch Arsenbestäubung vom Flugzeug", Zeitschr. f. angew. Chemie, 2. Dez. 1926) teilen mit, daß in der Preußischen Oberförsterei Haste nach einer Bestäubung mit „Silesia" von 1400 ha Eichenwald 19 Rehe, 6 Hasen und Kaninchen und 2 Kleinvögel tot aufgefunden wurden. Dabei waren auch die Bienen stark geschädigt und eine Anzahl Kühe erkrankt.

Dusturan

von der „Pflanzenschutz“ G. m. b. H., Schweinfurt.

Das Pulver ist hellgrün-gelblich. Der Gesamtgehalt von arseniger Säure ist 5,6 %. Das spezifische Gewicht des Mittels beträgt ca. 0,8. Die relative Schwere ist 1,72, d. h. das Mittel nimmt den zweiten Platz ein und steht nur dem Aresin an Schwere nach.

Esturmit

von der chemischen Fabrik E. Merck, Darmstadt.

Das Pulver ist von hellgrün-bläulicher Farbe. Der Arsengehalt (As_2O_5) beträgt 11,05 %. „Das spezifische Gewicht bezw. das Volumgewicht beträgt durchschnittlich 370—400, d. h. 1 l faßt 370—400 g Esturmit.“[1]) Die relative Schwere ist 1,39, und damit nimmt dieses Mittel den dritten Platz ein.

Höchst

von der J. G. Farbenindustrie A.-G., Höchst am Main.

Das Pulver ist schmutzig weiß. Der durchschnittliche Arsengehalt dieses Bestäubungsmittels beträgt 11,5 %. Das spezifische Gewicht ist 0,42, die relative Schwereist 1, d. h. das Mittel ist am leichtesten von allen 5 Staubmitteln.

Uraniagrün

von der „Pflanzenschutz“ G. m. b. H., Konstanz.

Das Gift ist in Form von Tafeln hergestellt und in Rippen eingeteilt. Zur Herstellung der normalen Lösung muß man eine Rippe in 20 l Wasser lösen. Das Mittel ist von giftgrüner Farbe.

Der Gehalt an arseniger Säure beträgt etwas über 5 %.

2. Haftfähigkeit.

Bei Anwendung von Arsenbestäubungsmitteln zur Bekämpfung schädlicher Insekten spielt die Haftfähigkeit der Mittel eine bedeutende Rolle. Von der Haftfähigkeit hängt zum großen Teil der Erfolg dieser Bekämpfung ab, d. h. es ist wichtig, daß das Mittel auf den Blättern und Nadeln lange zu haften vermag.

Zur Bestimmung der Haftfähigkeit der oben genannten 5 Staubmittel habe ich Versuche in folgender Weise angestellt. Als Versuchsplatz wurde die Veranda des Institutes für angewandte Zoologie der Forstlichen Versuchsanstalt, die sich im 2. Stock des Gebäudes befindet, gewählt. Die Veranda ist ohne Dach und nach 3 Seiten offen. An dem Geländer derselben hatte ich weit voneinander (damit sich die verschiedenen Gifte nicht durch den Wind vermischen konnten) Gefäße mit Wasser

[1]) Exaktere Angaben für das spezifische Gewicht des Esturmits außer der obigen Mitteilung konnte ich von der Firma Merck nicht bekommen.

befestigt, in die ich Buchen- und Kiefernzweige stellte. Diese Zweige waren frisch vom Baum geschnitten und waren mit dem Glas an das Geländer gebunden, damit sie nicht durch den Wind fortgetragen werden konnten und dann um einigermaßen natürliche Verhältnisse zu schaffen (s. Abb. 9).

Diese Zweige wurden sehr stark mit den verschiedenen Staubmitteln bestäubt, für je ein Mittel ein großer Zweig. Jeden Tag wurde nachgesehen, wieviel von dem daraufgestreuten Pulver weggeblasen oder abgewaschen war. Im ganzen hatte ich 10 Versuche angestellt, 5 mit Kiefern-

Abb. 9. Versuche zur Feststellung der Haftfähigkeit der verschiedenen Arsenverstäubungsmittel. Orig. (phot. Seiff).

zweigen und 5 mit Buchenzweigen; dies wurde aus dem Grund gemacht, um festzustellen, wie die verschiedenen Mittel bei der Bestäubung auf Nadel- und Laubholz hafteten. Die Beobachtungen über die Wetterlage während dieser Versuche wurden von mir jeden Tag aufgezeichnet, die exakten Ziffern (Niederschlagsmenge in mm, Windstärke in m/s) habe ich den Berichten der Landeswetterwarte in München entnommen.

Jeder Versuch wurde 4 mal wiederholt, und es wurden ungefähr immer gleiche Ergebnisse erzielt (Tab. XVII). Vor allem hat sich gezeigt, daß auf Laubholz das Pulver viel schneller abgewaschen oder weggeweht wird als auf Nadelholz. Auf Nadelholz blieb das Mittel stets 2—3 Tage länger haften, während auf den Blättern schon keine Spur mehr vorhanden war. Außerdem war die Verteilung des Pulvers auf den Blättern ungleichmäßig. Häufig bildete es kleine Häufchen, während ein Teil der

Tabell
Haftfähigkeit de

Datum	Buche *(Fagus silvatica)*				
	Esturmit	Aresin	Dusturan	Calciumarseniat	Höchst
9. IX.	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubun
10. „	1/2 weggeblasen	Wie vor!	1/4 weggeblasen	1/2 weggeblasen	1/4 weggeblasen
11. „	Spuren noch vorhanden	Wie vor!	1/2 weggeblasen	Wenig zurückgeblieben	Wie vor!
12. „	Spuren noch vorhanden	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!
13. „	Alles abgewaschen	Wenig zurückgeblieben	Wenig zurückgeblieben	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen
14. „	—	Spuren noch vorhanden	Spuren noch vorhanden		—
15. „	—	Wie vor!	Wie vor!	—	—
16. IX.	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubun
17. „	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!
18. „	Sehr wenig weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!	1/4 weggeblasen	Sehr wenig weggeblas
19. „	1/4 weggeblasen	Sehr wenig weggeblasen	Sehr wenig weggeblasen	1/2 weggeblasen	1/4 weggeblasen
20. „	1/2 weggeblasen	1/4 weggeblasen	1/4 weggeblasen	3/4 weggeblasen	Wie vor!
21. „	3/4 weggeblasen	Wie vor!	1/3 weggeblasen	Wenig zurückgeblieben	1/2 weggeblasen
22. „	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!
23. „	Wenig zurückgeblieben	1/3 weggeblasen	1/2 weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!
24. „	Spuren noch vorhanden	Wie vor!	Wie vor!	Spuren noch vorhanden	3/4 weggeblasen
25. „	Wie vor!	1/2 weggeblasen	3/4 weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!
26. „	Alles abgewaschen	Wenig zurückgeblieben	Wenig zurückgeblieben	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen
27. „	—	Spuren noch vorhanden	Spuren noch vorhanden	—	—
28. „	—	Wie vor!	Wie vor!	—	—
29. „	–	Wie vor!	Wie vor!	–	—
30. „		Wie vor!	Wie vor!		
8. X.	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubun
9. „	1/4 weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!	1/2 weggeblasen	1/2 weggeblasen
10. „	Alles abgewaschen	3/4 abgewaschen	Wenig zurückgeblieben	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen
11. „	—	Wie vor!	Wie vor!	—	—
12. „	–	Wie vor!	Spuren noch vorhanden	—	—
13. „		Wie vor!	Wie vor!		—
14. X.	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubun
15. „	1/2 weggeblasen	Wie vor!	1/4 weggeblasen	3/4 weggeblasen	1/4 weggeblasen
16. „	3/4 weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!
17. „	Spuren noch vorhanden	1/4 weggeblasen	1/2 weggeblasen	Alles weggeblasen	1/2 weggeblasen
18. „	Alles abgewaschen	3/4 abgewaschen	Wenig zurückgeblieben	—	Alles abgewaschen
19. „		Wie vor!	Wie vor!	—	
20. „		Wie vor!	Wie vor!	-	—
21. „		Wie vor!	Wie vor!	—	-
22. „		Wenig zurückgeblieben	Spuren noch vorhanden	—	—
23. „		Spuren noch vorhanden	Alles abgewaschen.		—
24. „	–	Wie vor!		—	—
25. „	-	Wie vor!	—	--	—

XVII.

Arsenbestäubungsmittel.

Kiefer *(Pinus silvestris)*					Niederschläge in mm	Windstärke in m/s
Esturmit	Aresin	Dusturan	Calciumarseniat	Höchst		
Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	—	1,5
1/2 weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!	1/4 weggeblasen	1/4 weggeblasen		1,4
3/4 weggeblasen	1/2 weggeblasen	1/2 weggeblasen	1/2 weggeblasen	1/2 weggeblasen		1,7
Wenig zurückgeblieben	Wenig zurückgeblieben	Wenig zurückgeblieben	Wenig zurückgeblieben	Wenig zurückgeblieben		2,7
Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	8,4	2,5
—	—	—	—	—	5,7	2,0
—	—	—	—	—	—	1,2
Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	—	2,8
1/2 weggeblasen	Sehr wenig weggeblasen	1/4 weggeblasen	1/2 weggeblasen	1/2 weggeblasen	0,0	1,3
Wie vor!	1/4 weggeblasen	Wie vor!	3/4 weggeblgsen	3/4 weggeblasen	—	1,1
3/4 weggeblasen	1/2 weggeblasen	1/2 weggeblasen	Wenig zurückgeblieben	Wenig zurückgeblieben	—	1,2
Wenig zurückgeblieben	3/4 weggeblasen	3/4 weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!	—	0,9
Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	—	1,3
Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	0,0	1,9
Spuren noch vorhanden	Wenig zurückgeblieben	Wie vor!	Wie vor!	Wie vor!	0,0	2,4
Alles weggeblasen	Wie vor!	Wie vor!	Spuren noch vorhanden	Spuren noch vorhanden	—	1,7
—	Wie vor!	Wenig zurückgeblieben	Wie vor!	Wie vor!	—	1,4
—	Spuren noch vorhanden	Spuren noch vorhanden	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	4,0	1,5
—	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	—	—	10,3	2,4
—	—	—	—	—	3,7	1,9
—	—	—	—	—	0,0	1,2
—	—	—	—	—	0,1	1,2
Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	1,0	1,3
1/2 weggeblasen	1/4 weggeblasen	1/4 weggeblasen	3/4 weggeblasen	1/2 weggeblasen	—	2,3
Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	Alles abgewaschen	0,0	4,2
—	—	—	—	—	8,6	2,8
—	—	—	—	—	—	4,7
—	—	—	—	—	—	5,1
Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	Mehlartige Bestäubung	3,0	3,2
3/4 weggeblasen	1/4 weggeblasen	1/4 weggeblasen	Wenig zurückgeblieben	1/4 weggeblasen	—	3,6
Wenig zurückgeblieben	Wie vor!	1/2 weggeblasen	Spuren noch vorhanden	1/2 weggeblasen		3,1
Spuren noch vorhanden	1/2 weggeblasen	3/4 weggeblasen	Alles weggeblasen	3/4 weggeblasen	—	3,1
Alles abgewaschen	Wenig zurückgeblieben	Alles abgewaschen		Alles abgewaschen	16,2	2,1
—	Wie vor!	—			—	1,7
—	Wie vor!					1,8
	Wie vor!					1,4
	Wie vor!				9,9	1,7
—	Spuren noch vorhanden				2,7	1,6
—	Wie vor!				18,5	2,1
—	Wie vor!				12,2	3,0

Blätter ganz unbestäubt blieb. Bei Nadelholz war das nie der Fall, die Verteilung war immer gleichmäßig.

Im großen und ganzen hat sich die Haftfähigkeit aller Mittel als nicht genügend erwiesen. Besonders zwei Faktoren, Niederschläge und Wind, üben einen großen Einfluß aus. Nach ziemlich starkem Regen war fast immer alles abgewaschen. Das konnte ich bei meinen Versuchen 4 mal nach einem Regen feststellen, obwohl die Bestäubung mehlartig ausgeführt war (was in der Praxis niemals in Betracht kommt). Sehr schwacher Regen dagegen spielt fast keine Rolle, er verursacht sogar Auseinanderfließen und tropfenförmige Verteilung des Mittels auf den Blättern und Nadeln, wodurch es viel fester sitzt, als das rein staubförmige Pulver.

Der Wind, besonders starker Wind, blies die Hälfte und mehr des Staubes weg, wenn er längere Zeit andauerte. So war z. B. vom 16. 9. bis 26. 9. kein Regen, aber doch war durch den Wind soviel von dem Pulver abgeblasen, daß auf den Blättern nur mehr Spuren vorhanden waren, auf den Nadeln etwas mehr (Ausnahmen Aresin und Dusturan — Tab. XVII). Am besten haftete das Pulver an der Rinde der Zweige. Auf den Blättern blieb das Gift am längsten auf den Blattadern liegen, die immer gut bestäubt aussahen. Desgleichen haftete das Pulver auf der Unterseite der Nadeln sehr gut und lange.

Die verhältnismäßig beste Haftfähigkeit besitzt Aresin. Sogar nach starkem Regen waren noch Spuren von Pulver auf den Nadeln zurückgeblieben, und starker und langandauernder Wind hatte es nur zur Hälfte weggeblasen.

Dusturan steht an zweiter Stelle; es war nicht stark unter dem Einfluß von Regen und Wind gestanden. Etwas weniger haftete Esturmit. Hier war nach starkem Wind alles weggeblasen und nach Regen waren keine Spuren von Pulver mehr zu sehen.

An letzter Stelle standen Höchst und Calciumarseniat, deren Haftfähigkeit sehr gering ist. Schon mittlere, länger anhaltende Windstärke hatte genügt, allen Staub wegzublasen; bei Regen war dasselbe zu bemerken. Besonders großen Einfluß hatte der Wind auf Calciumarseniat. So z. B. war bei schwachem Wind (1,3; 1,1; 1,2 m/s) am 3. Tag $^3/_4$ des aufgestäubten Calciumarseniats von den Nadeln weggeblasen, während bei Höchst nur $^1/_4$ abgeblasen war (Tab. XVII am 20. 9.). Auf diese Weise stand also Calciumarseniat dem Höchst nach und hat in bezug auf die Haftfähigkeit den letzten Platz eingenommen.[1])

Ein ähnliches Ergebnis zeigten auch die Versuche im Freien, die ich in Geisenfeld anstellte. Hier war zu beobachten, daß Regen und Wind ebenfalls einen sehr großen Einfluß auf die Bestäubung ausübten (s. S. 67). Starker Regen und Wind machten es notwendig, die Bestäubung der Ver-

[1]) Nachdem meine Arbeiten bereits beendet waren, ging mir durch die Firma Güttler die Mitteilung zu, daß sie ein neues Mittel hergestellt hat, das eine bessere Haftfähigkeit besitzt. Es war aber schon zu spät, um damit Versuche anzustellen.

suchsbäume zu wiederholen, weil auf den Nadeln fast nichts mehr von dem Pulver vorhanden war. Was die einzelnen Mittel betrifft, so haftete hier Dusturan am besten (Aresin war nicht ausprobiert worden), es war länger auf den Nadeln festzustellen als alle andern Mittel (Esturmit-Calciumarseniat und Höchst).

Kurz gesagt, im allgemeinen läßt die Haftfähigkeit der Staubmittel noch viel zu wünschen übrig, und es ist nötig, diesem Faktor in Zukunft größere Aufmerksamkeit zu schenken. Dies ist schon früher von K. Escherich [1]) angeregt worden, der schreibt: „Verbesserungsbedürftig ist endlich auch das Gift, bei dem vor allem die Haftfähigkeit noch gesteigert werden sollte und eine flockigere Beschaffenheit anzustreben wäre."

3. Wirkung der Bestäubung auf die Pflanzen.

Bei meinen Versuchen habe ich die Beobachtung gemacht, daß bei starker Bestäubung junge Blätter oder Nadeln starke Verbrennungserscheinungen zeigten. So fingen z. B. junge Buchenblätter aus den Versuchen mit Maikäfern und Schwammspinner, wenn sie stark mit dem Staubmittel bedeckt waren, schon nach 1 Tag an sich vom Rande her zu bräunen, in den nächsten Tagen wurden sie ganz braun und trockneten ein. Auf diese Weise waren auch Maitriebe von Kiefern (in den Versuchen mit *Bupalus piniarius*) und Fichtenmaitriebe (in den Versuchen mit *Lymantria monacha*) zugrunde gegangen.

Das gleiche hat auch Sachtleben [2]) beobachtet. Er schreibt „bei starker Bestäubung mit Arsenverstäubungsmittel Hinsberg und Verstäubungsmittel „Silesia" waren sie (die Blätter) am nächsten Tage etwas welk, bei Bestäubung mit Aresin stark welk".

Die älteren Blätter und Nadeln zeigten bei starker Bestäubung keinerlei Schaden. Die schwache Bestäubung wirkte weder an Maitrieben noch jungen oder alten Blättern und Nadeln nachteilig.

Nun ist auch die Frage noch sehr interessant, wie das bei der Bestäubung in den Boden gelangende Arsen auf den Pflanzenwuchs wirkt. Diese Frage hat Schätzlein [3]) gelegentlich seiner Versuche, die er an in arsenhaltige Erde gepflanzten Reben anstellte, beantwortet. Er ist zu dem Schluß gekommen, daß eine schädigende Wirkung nicht zu befürchten ist. Dasselbe kann man wohl auch in den Wäldern annehmen, die mit Staubmitteln bestreut wurden.

---

[1]) Escherich, K., Die „Flugzeugbekämpfung" des Kiefernspanners im bayerischen Forstamt Ensdorf. Forstw. C.-Bl. H. 3. 1926, S. 93.

[2]) Sachtleben, Versuche zur Maikäferbekämpfung mit arsenhaltigen Staubmitteln. Arb. B. R. A. 15. Bd. H. 1, 1926, S. 36.

[3]) Schätzlein, Chr., Schädlingsbekämpfung mit Arsensalzen und Pflanzenwuchs. Anz. f. Schädlingskd. 1925, H. 3.

IV. Zusammenfassung.

A. Wenn wir die Ergebnisse aller Versuche und Beobachtungen mit den genannten Forstschädlingen in Betracht ziehen, kommen wir zu folgenden allgemeinen Schlüssen:

1. Frischgeschlüpfte Raupen gehen rascher an Arsen zugrunde als schon ältere Eiraupen.
2. Frischgehäutete Raupen sind dem Einfluß des Arsens mehr unterworfen als Raupen, die schon länger gehäutet sind.
3. Je älter und größer die Raupen werden, desto größer wird auch in der Regel ihre Widerstandsfähigkeit gegen Arsen, weil mit dem Wachstum der Raupe auch die minimale tödliche Dosis steigt. Dabei steigt natürlich auch die Nahrungsaufnahme und damit die Menge des aufgenommenen Giftes, aber nicht in dem gleichen Maße wie die minimale tödliche Dosis, und darum wird diese bei älteren Stadien erst nach längerer Zeit erreicht.
4. Die Häutung verlängert die Lebensdauer der Raupen in Versuchen mit vergiftetem Futter, weil die Raupen vor der Häutung zu fressen aufhören, und damit selbstverständlich auch die Giftaufnahme.
5. Vor den Versuchen ohne Nahrung gehaltene Versuchstiere gehen schneller an Vergiftung zugrunde als solche, die vorher normal gefüttert wurden.
6. Die durch das aufgenommene Gift verursachte Erkrankung äußert sich je nach der Art der Insekten verschieden.
7. Doch kommt die Erkrankung (Vergiftungserscheinungen) im allgemeinen dadurch zum Ausdruck, daß die Versuchstiere zunächst weniger fressen, immer träger werden, die Raupen sich nicht mehr häuten, zuletzt ganz zu fressen aufhören und zugrunde gehen.
8. Gesundes Futter wirkte auf schwach vergiftete Versuchstiere meist erholend; aber diese Erholung ist bisweilen nur scheinbar, insofern, als die Nachkommenschaft (*Lymantria monacha*) nicht mehr zur Entwicklung kam.
9. In allen Versuchstieren aus Versuchen mit vergiftetem Futter war durch die Untersuchung Arsengehalt nachgewiesen worden, der umso höher war, je älter das Raupenstadium, was bestätigt, daß die minimale tödliche Dosis mit dem Wachstum der Raupen wächst.
10. Das aufgenommene Arsen geht von der Raupe in die Puppe über, wobei sich aber die Arsenmenge etwas verringert.
11. In aus Versuchen mit vergiftetem Futter stammenden Faltern und deren Eiern war durch Untersuchung niemals Arsen nachzuweisen.
12. Das von den Raupen durch Fraß aufgenommene Arsen wirkt auch auf deren Puppen; ein Teil von diesen, bisweilen auch fast alle gehen zugrunde.

13. Andererseits übt das Gift keinerlei Einfluß auf die Entwicklungsdauer der am Leben gebliebenen Puppen, auf die Copula der Falter und Eiablage aus.
14. Von großer Bedeutung ist die Nachwirkung des Giftes auf die Eier der Falter aus Versuchen mit vergiftetem Futter, die in der Regel zugrunde gehen *(Lymantria monacha)*.
15. Männchen und Weibchen reagieren auf Arsen ganz gleich *(Melolontha vulgaris)*.
16. Das Arsen wirkt nicht nur als Magengift auf die Versuchstiere, auch die Bestäubung von außen spielt dabei eine wesentliche Rolle *(Melolontha vulgaris)*.
17. Starke Bestäubung wirkt besser auf die Versuchstiere als die schwache Bestäubung.

B. Die verschiedenen Umstände bei Anwendung der Arsenmittel gegen obengenannte 4 Forstschädlinge im besonderen miteinander verglichen berechtigen zu folgenden Schlüssen:

1. Die Anwendung von arsenhaltigen Staubmitteln gegen Maikäfer führt zu keinem praktischen Erfolg. Hier muß man berücksichtigen, daß die Käfer das bestäubte Futter in der Regel meiden. Nur, wenn sie längere Zeit gehungert haben (in Versuchen), gehen sie durch Hunger getrieben auch an solches (wenn kein unbestäubtes Futter vorhanden ist) und sterben dann rasch an Vergiftung. Dabei spielen noch viele andere ungünstige Umstände keine geringe Rolle, wie z. B. die Lebhaftigkeit der Käfer, Aufhören des Fraßes bei kalter Witterung, Entfalten der Knospen und rasches Wachstum der Blätter während der Bestäubungszeit usw.
2. Günstigen Umständen begegnet die Anwendung von arsenhaltigen Staubmitteln bei *Lymantria dispar*. Auf die Raupen im III. und IV. Stadium wirkt das Gift vortrefflich (Versuche mit Raupen im I. und II. Stadium wurden nicht durchgeführt), aber schon die Raupen im V. Stadium zeigen größere Widerstandsfähigkeit, wo sogar bei starker Bestäubung ein Teil der Raupen zur Verpuppung kommt und bei schwacher Bestäubung sich fast alle Raupen verpuppt haben, obwohl das vergiftete Futter mehrmals erneuert wurde. Es liegt die Vermutung nahe, daß diese Widerstandsfähigkeit nur scheinbar ist (Speyer), weil schon ein Teil der Puppen in Versuchen mit bestäubtem Futter keine Imago ergeben haben. Sehr interessant ist die Erscheinung, daß bei Raupen im V. Stadium teilweises Meiden des bestäubten Futters zu beobachten ist; die Raupen fressen zuerst stets das unbestäubte Futter und gehen dann erst an das bestäubte.
3. Am erfolgreichsten war die Anwendung arsenhaltiger Staubmittel bei der Nonne (*Lymantria monacha*). Vor allem wirkt

das Gift ausgezeichnet gegen Raupen im II. und III. Stadium und ferner auch auf die im IV. Auch auf die Raupen im I. Stadium wirkt das Arsen gut, allerdings verhältnismäßig erst nach längerer Zeit (wenn wir berücksichtigen, daß im allgemeinen die Eiräupchen sehr hinfällig sind), weil die Raupen meistens wandern und wenig fressen. Die Raupen im V. Stadium erweisen sich auch hier als ziemlich widerstandsfähig (sogar bei starker Bestäubung hat ein Teil der Raupen sich verpuppt), aber diese Widerstandsfähigkeit ist nur scheinbar, insofern, als die von Faltern aus Versuchen mit vergiftetem Futter abgelegten Eier nicht zur Entwicklung kommen. Schon 2—4tägiger Fraß auf stark bestäubtem Futter genügt, wenn dann die Raupen auch auf normalem Futter weitergezüchtet werden, die Nachkommenschaft zu vernichten (Eier zu töten). Bei keinem Stadium wurde beobachtet, daß die Raupen das behandelte Futter meiden.

4. Dagegen begegnet die Anwendung von Arsen bei *Bupalus piniarius* einigen Schwierigkeiten. Diese bestehen darin, daß die letzten Stadien (IV. und V.) große Widerstandsfähigkeit gegen Arsen zeigen und besonders die Raupen im V. Stadium, die, obwohl das behandelte Futter mehrmals erneuert wurde, sogar bei starker Bestäubung wenigstens zum Teil sich verpuppt haben, während bei schwacher Bestäubung mindestens die Hälfte und mehr Raupen Puppen ergaben. Aber das aufgenommene Arsen wirkte auf die Puppen aus Versuchen mit stark bestäubtem Futter insofern nach, als diese nach einem Monat zugrunde gegangen waren; bei Versuchen mit schwacher Bestäubung und den Kontrollversuchen war dies nicht der Fall. Sehr günstige Wirkung hat dagegen die Anwendung des Arsens bei Raupen im I. und II. Stadium, die sehr rasch an Vergiftung (besonders die Raupen im I. Stadium) eingehen. Die Raupen im III. Stadium sind ungefähr im gleichen Maße dem Arsen unterworfen wie die Raupen im II., aber um diese Raupen zu töten, ist schon längere Einwirkung des Giftes notwendig. In keinem Fall meiden die Raupen das bestäubte Futter.

C. Bei den Versuchen hat sich im allgemeinen gezeigt, daß die hochprozentigen Arsenmittel am besten gewirkt haben und mit der Abnahme des Arsengehalts in der Regel auch die Wirkung geringer wurde. Die Eigenschaften der verschiedenen angewendeten Arsenmittel lassen sich kurz in folgendem zusammenfassen:

1. Von den 5 angewendeten Arsenbestäubungsmitteln gegen Forstschädlinge hat in der Regel am besten das 40prozent. Calciumarseniat „Silesia“ von W. Güttler-Schärfe (Pulver weißlich) gewirkt. Das Pulver ist verhältnismäßig leicht. Aber das Mittel hat den großen Nachteil, daß die Haftfähigkeit sehr gering ist

und in dieser Beziehung das Mittel den anderen nachsteht. Durch längeren ziemlich starken Wind wird das Pulver vollständig von den Blättern oder Nadeln geblasen oder vom Regen abgewaschen. Der hohe Arsengehalt, den das Silesia-Präparat besitzt, bedeutet außerdem eine wesentliche Steigerung des Gefahrsmomentes für Mensch, Vieh, Wild usw., was noch ein großer Nachteil ist und gegen die Anwendung als Stäubemittel im Wald spricht.

2. Höchst von der J. G. Farbenindustrie Höchst a. Main (Pulver schmutzig weiß) nimmt bezüglich der Wirkung die 2. Stelle ein. Der Arsengehalt dieses Mittels beträgt 11,5%, ist also wesentlich geringer als von Calciumarseniat Silesia und ist auch leichter als dieses. Ein großer Nachteil besteht jedoch auch hier in der geringen Haftfähigkeit; allerdings besteht insofern ein Unterschied zwischen dem vorigen und diesem Mittel, als es durch Wind relativ nicht so stark beeinflußt wird.
3. In die nächste Reihe ist die Wirkung von Esturmit von E. Merck-Darmstadt zu stellen (Pulver hellgrün-bläulich). Der Arsengehalt ist ungefähr der gleiche wie bei Höchst, nämlich 11,05% As_2O_5, doch zeichnet es sich durch eine bessere Haftfähigkeit von den beiden vorigen Mitteln vorteilhaft aus. Das Pulver ist etwas schwerer als Höchst und Calciumarseniat Silesia.
4. Deutlich schwächer wirkt Dusturan von der „Pflanzenschutz" G. m. b. H. Schweinfurt (Pulver hellgrün-gelblich). Der Arsengehalt ist sehr gering (5,6%), in Form von arseniger Säure. Das Pulver ist schwerer als Esturmit; die Haftfähigkeit ist verhältnismäßig gut.
5. Aresin, J. G. Farbenindustrie-Leverkusen bei Köln a. Rh. (Pulver ockergelb), nimmt im allgemeinen in bezug auf die Wirkung den letzten Platz ein. (Nur auf die Eiräupchen [beim Spanner] wirkt dieses Mittel sehr gut, wohl infolge seiner überaus feinkörnigen Struktur.) Der Arsengehalt beträgt 8% in Form von arseniger Säure. Das Pulver ist sehr schwer, schwerer als die anderen, doch ungemein feinkörnig. Ein großer Vorteil ist seine gute Haftfähigkeit. In dieser Beziehung steht es den andern Mitteln voran. Sogar starker Regen vermag nicht alles Pulver abzuwaschen, und Wind spielt fast keine Rolle.
6. Auf Laubholz haften die Bestäubungsmittel schlechter als auf Nadelholz. Im allgemeinen haften sie besser auf der Unterseite der Nadeln und auf den Blattadern.
7. Bei starker Bestäubung zeigen die jungen Blätter und auch die Maitriebe von Nadelholz Verbrennungserscheinungen.
8. Das Spritzmittel „Uraniagrün-Tafeln" der „Pflanzenschutz" G. m. b. H.-Konstanz steht den Staubmitteln an Wirksamkeit um

vieles nach. Selbst in doppelt starker Lösung kommt es in der Wirkung nur einer schwachen Bestäubung gleich. Der Arsengehalt an arseniger Säure beträgt etwas über 5%. Die Haftfähigkeit ist gegenüber den Staubmitteln eine sehr gute.

V. Schlußwort.

Der Gesamteindruck, den man nach Abschluß dieser Versuche gewinnt, zeigt uns, daß die Wirkung des Arsens auf die verschiedenen Forstinsekten eine sehr mannigfaltige ist. Das Gift wirkt nicht nur auf die einzelnen Arten verschieden, sondern auch bei den verschiedenen Wachstumsstadien ist ein großer Unterschied in dem Verhalten der Tiere dem Arsen gegenüber festzustellen. Bei einer wirtschaftlichen Bekämpfung ist deshalb in erster Linie auf diese Tatsachen Rücksicht zu nehmen, denn nur dann wird diese lohnend und von Erfolg sein, wenn sie im geeigneten Moment einsetzt, d. h. dann einsetzt, wenn die Raupen usw. am empfindlichsten sind.

Um nun eine Bekämpfung wirtschaftlich durchzuführen, müssen auch die Streumittel den Verhältnissen vollkommen angepaßt sein. Daß dies bis heute noch nicht restlos der Fall ist, haben die Versuche ebenfalls gezeigt. Ein gutes Mittel muß bei einmaliger Bestäubung praktisch einen vollen Erfolg erzielen. Denn zu einer mehrmaligen Bestäubung reicht meist die Zeit nicht aus, da die Kalamitäten sich auf zu große Flächen erstrecken und deshalb in der kurzen Zeit der Raupenempfindlichkeit nicht durchgeführt werden können. Auch würde mehrmaliges Bestäuben die Kosten ganz bedeutend erhöhen, so daß diese kaum mehr tragbar sein würden.

Es genügt auch nicht, den Arsengehalt des Staubmittels derart zu erhöhen, daß ein Erfolg sicher ist. Das in den Versuchen verwendete Calciumarseniat, das 40% Arsen enthält, hatte wohl auf die Insekten in der Regel am besten gewirkt, in der Praxis jedoch hat sich gezeigt, daß bei derartigen stark arsenhaltigen Mitteln die warmblütigen Tiere des Waldes und auch Weidevieh an Vergiftungserscheinungen teils eingehen oder erkranken. Es muß bei der Zusammensetzung der Staubmittel die Konzentration gefunden werden, die auf Raupen noch wirksam ist und den Warmblütern nicht schadet. Aus den Versuchen zu schließen, wird wohl ein Arsengehalt von 11—12% (wie Esturmit) am zweckmäßigsten sein, da bei diesen Mitteln die Wirkung auf die Raupen meist noch eine gute war und in der weitausgedehnten Anwendung dieses Mittels bei der Bestäubung der Wälder gelegentlich der Spannerkalamität 1925 und 1926 in Bayern nicht eine Vergiftung an Vögeln oder Wild usw. festzustellen war.

Von allergrößter Wichtigkeit ist die Haftfähigkeit des Mittels. Hier haben die Versuche gezeigt, daß keines von denselben den An-

forderungen voll entsprochen hatte, die notwendig sind, um eine einmalige Bestäubung wirksam zu machen. Wenn man bedenkt, daß die Raupen auch im Empfindlichkeitsstadium in der Regel 2—8 Tage gefressen haben, bis sie zugrunde gingen, so muß durch diesen Umstand schon eine hohe Anforderung bezüglich der Haftfähigkeit an die Streumittel gestellt werden. Dazu kommt noch, daß im Freien die Raupen nicht alle im gleichen Altersstadium stehen. Wie sich die Eiablage auf Wochen ausdehnt, so verteilt sich auch das Auskriechen der Raupen auf verschiedene Zeiten; durch diesen Umstand ist stets ein großer Teil der Raupen bei der Häutung begriffen. Da während dieser Periode die Raupen ca. 3—4 Tage überhaupt nicht fressen, können sie auch in dieser Zeit kein Gift aufnehmen. Bis diese Raupen nun wieder zu fressen beginnen, ist das schlecht haftende Staubmittel längst abgeweht oder abgewaschen. Um allen Anforderungen zu genügen, müßte also dieses mindestens 12 bis 14 Tage an Blättern und Nadeln haften bleiben, so daß nach dieser Zeit die Giftwirkung noch die gleiche ist wie am Tag der Bestäubung.

Wenn wir die richtige Dosierung des Arsengehaltes zusammen mit der Haftfähigkeit zur Beurteilung der geprüften Mittel einsetzen, so ergibt sich, daß heute das Esturmit den von uns gestellten Anforderungen am nächsten kommt.

Literatur.

1. Campbell, F. L., On the Possibility of Development of Tolerance to Arsenic by Individual Insects. Journ. Econ. Ent. XIX. Nr. 3. S. 516—522. 9 refs. Geneva N. Y. Jane 1926. Ref. in: Review of Appl. Entom. Vol. XIV. Ser. A. Part. 9. Sept. 1926. S. 454.
2. Eidmann, H., Die Flugzeugbekämpfung des Kiefernspanners in Bayern. Anzeiger f. Schädlingskunde. H. 5. 1926.
3. — — Der Kiefernspanner in Bayern im Jahre 1925 mit besonderer Berücksichtigung des Parasitenproblems. Zeitschr. f. angew. Entomologie. Bd. XII. 1926.
4. Eckstein, K., Die Schmetterlinge Deutschlands mit besonderer Berücksichtigung der Biologie. Verlag K. G. Lutz. Stuttgart 1915.
5. — — Über die Methoden neuzeitlicher Maßregeln gegen Insektenschäden im Walde. Anz. f. Schädlingskunde. H. 1—3. 1926.
6. Escherich, K., Die Forstinsekten Mitteleuropas. II. Bd. Berlin, Verlag von Paul Parey 1923.
7. — — Die „Flugzeugbekämpfung" des Kiefernspanners im bayerischen Forstamt Ensdorf. Forstw. Centralbl. H. 3. 1926.
8. — — Neuzeitliche Bekämpfung tierischer Schädlinge. Rückblicke und Ausblicke. Berlin, Verlag von J. Springer. 1927.
9. — — Nonnenprobleme. Naturwissenschaftl. Zeitschr. f. Forst- u. Landw. S. 65. Stuttgart, Eugen Ulmer. 1912.
10. Gasow, H., Forstentomologische Untersuchungen. Arbeiten a. d. Biol. Reichsanst. f. Land- u. Forstw. XV. Bd. H. 1. 1926.
11. — — Versuche zur Bekämpfung des grünen Eichenwicklers (*Tortrix viridana* L.) mittels eines Motorverstäubers. Ebenda.
12. Heller, H., Flugzeuge zur Insektenbekämpfung. Die Umschau. H. 8. S. 123. 1923.

13. Janisch, E., Das Problem der Giftwirkung in der Pflanzenschutzforschung. Centralbl. f. Bakteriol. 2. Abt. Bd. 61. Nr. 1—4. S. 29. 1924.
14. — — Eine neue Methode zur vergleichenden Beurteilung der Wirksamkeit von Insektenfraßgiften. Nachr.-Bl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzd. Nr. 2 u. 3. 1926.
15. Krieg, Die Bekämpfung forstlicher Schädlinge durch Abwurf von Calciumarseniat vom Flugzeug. Anzeiger f. Schädlingskunde. H. 9. 1925.
16. Nüßlin-Rhumbler, Forstinsektenkunde. Berlin, Verlag von Paul Parey. 1922.
17. Prell, H., Zur Geschichte der Forstschädlingsbekämpfung vom Flugzeuge aus. Anzeiger f. Schädlingskunde. H. 12. 1925.
18. Prinz, J., Beitrage über Schädlinge und Krankheiten der Trauben. Weinbau und Kellerwirtschaft. Nr. 10. 1925.
19. Pustet und Sell, Verspricht die Bekämpfung der Maikäfer mit gifthaltigen Verstäubungsmitteln vom Flugzeug aus Erfolg? Prakt. Blätter f. Pflanzenbau u. -schutz. VI. 2. S. 25—29. Freising, Mai 1926.
20. Riehm, E., Prüfung von Pflanzenschutzmitteln im Jahre 1919. Mitt. a. d. Biol. Reichsanst. H. 19. 1920.
21. Sachtleben, H., Forstschädlingsbekämpfung vom Flugzeuge aus. Nachr.-Bl. f. d. dtsch. Pflanzenschutzd. Nr. 9. 1925.
22. — — Versuche zur Maikäferbekämpfung mit arsenhaltigen Staubmitteln. Arbeiten a. d. Biol. Reichsanst. XVI. Bd. H. 1. 1926.
23. Schätzlein, Chr., Schädlingsbekämpfung mit Arsensalzen und Pflanzenwuchs. Anzeiger f. Schädlingskunde. H. 3. 1925.
24. Speyer, W., Spritzen und Stäuben mit Arsengiften zur Bekämpfung der Obstmade *(Carpocapsa pomonella)*. Zeitschr. f. angew. Entomologie. Bd. X. S. 188—210. 1924.
25. — — Beitrag zur Wirkung von Arsenverbindungen auf Lepidopteren. Ebenda. Bd. XI. S. 395—399. 1925.
26. Stellwaag, F., Der Gebrauch der Arsenmittel im deutschen Pflanzenschutz. Ebenda. Bd. XII. S. 1—50. 1923.
27. Uphof, J. C. Th., Die moderne Insektenbekämpfung in den Vereinigten Staaten. Ebenda. Bd. IX. H. 2. S. 343—352. 1923.
28. Walter, G., Die Bekämpfung der Forleule und der Nonne in den Oberförstereien Biesenthal und Sorau im Jahre 1925. Neudamm, J. Neumann. 1926.
29. Wolff, M., Der Kiefernspanner *(Bupalus piniarius* L.). Versuch einer forstzoologischen Monographie. Beiheft zur Zeitschr. f. Forst- u. Jagdwesen. 1913.
30. Wolff, M., und Krauße, A., Die Einführung der Arsenverstäubung vom Flugzeug aus in die Praxis der Forstschädlingsbekämpfung. Anzeiger f. Schädlingskunde. H. 9. 1925.
31. Wülker, G., Arsenmittel im Forstschutz. Verhandlungen d. dtsch. Gesellschaft f. angew. Entomologie auf d. 4. Mitgliederversammlung zu Frankfurt a. M. 1924.
32. Zimmermann, Flugzeuge zur Insektenbekämpfung. Die Umschau. H. 11. S. 173 bis 174. 1923.
33. Zuccari, Über die Gegenwart von Arsen als normaler Bestandteil des Bodens. Gazetta chimica italiana. 42. II. S. 398—403. Padua 1913. Ref. in: Chemisches Centralblatt. Jahrg. 85. 1. S. 178. Berlin 1914.